



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO
PARA EL ÁREA URBANA DE PUEBLO NUEVO, DEPARTAMENTO DE
ESTELÍ.**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Rigoberto Córdoba Guillén
Br. Leonel de Jesús Martínez Rivas
Br. Canaan Said Zelaya Vanegas

Tutor

Ing. Noé Hernández Durán

Managua, Diciembre 2016

DEDICATORIA

Con toda humildad y amor dedicamos esta monografía a nuestros padres quienes fueron nuestra principal fuente de enseñanza a lo largo de todos estos años, fue un largo y extenuante camino para llegar hasta donde hoy en día nos encontramos, más con sus sabios consejos pudimos enfrentar y superar toda dificultad. Ellos fueron y seguirán siendo nuestro mayor motivo de entusiasmo y perseverancia.

Br. Rigoberto Córdoba Guillén

Br. Leonel de Jesús Martínez Rivas

Br. Canaan Said Zelaya Vanegas

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios quien nos ha dado la Vida, el talento, la energía, la sabiduría, la paciencia, el entendimiento y fuerza para concluir esta meta académica, queremos hacer mención especial en muestra de agradecimiento a nuestros padres: Rigoberto Córdoba Matute, Flor de María Guillén Marín, Leonel Martínez Benavides, Socorro Rivas González, Damaris Josefina Vanegas Meneses.

Br. Rigoberto Córdoba Guillén

Br. Leonel de Jesús Martínez Rivas

Br. Canaan Said Zelaya Vanegas

Resumen Ejecutivo

El siguiente documento monográfico muestra el diseño del alcantarillado sanitario de 3 barrios: Camilo Castellón, Byron Giménez y Saúl Tercero del municipio Pueblo Nuevo del departamento de Estelí.

Se presenta una síntesis de las diferentes actividades a través de las cuales se generó la solución al grave problema que representa la disposición de las aguas residuales.

A través de un levantamiento topográfico de las calles y avenidas, se logró definir la estructura del relieve de la localidad, encontrándose como datos relevantes: un área urbana de 28 Ha, altitud media de 97.767 msnm, pendiente promedio de 2.58%, y un patrón de drenaje natural con escurrimiento de Noreste a Sureste; es decir, en dirección al río de Pueblo Nuevo.

La población actual de la localidad, el número de viviendas se determinó a través de un censo de población y vivienda, encontrándose 3,428 habitantes, 693 viviendas, resultando un índice promedio de 4.95 hab/vivienda.

Se definió el área a servir correspondiente a los barrios que están dentro de este estudio. Resultando un área urbana de 28 Ha con una población de diseño de 5,617 habitantes para un horizonte de diseño de 20 años.

Aprovechando los patrones de drenaje natural, se configuró el sistema de recolección de tipo convencional separado, de manera que todo el sistema funcionara por gravedad. El sistema de recolección consistirá en dos colectoras A y B respectivamente, las cuales recaudarán los aportes de la población servida a través de una red de 6.61 Km de longitud, resultando una relación de 1.18 m de tubería por habitante beneficiado.

El caudal medio y el caudal de diseño que sería evacuado por la red hacia la planta de tratamiento resultó de 5.46 lps y 18.93 lps aproximadamente.

El predio seleccionado para el establecimiento del sistema de tratamiento de las aguas residuales tiene un área de 1.23 Ha, está localizado al sureste del poblado donde los vientos soplan de Este a Oeste en condiciones de barlovento, a unos 525 metros de la última vivienda, a 100 metros de los márgenes del río Pueblo Nuevo.

Se realizó un estudio geotécnico en dicho predio para conocer las características físicas y mecánicas del suelo existente resultando ser un suelo limo arcilloso de tipo MH¹, clasificación SUCS². Malo para cimentación.

A través del análisis de las condiciones socio – económicas y factores climáticos, se proponen dos tecnologías de tipo biológico para el tratamiento de las aguas servidas. Estas son: Tanque Imhoff + Biofiltro y Laguna Facultativa primaria + Laguna aerobia. Proponiendo el primer tratamiento como el más viable por su economía.

Un emisario de descarga de 120 metros de longitud evacuará el efluente del sistema de tratamiento hasta el río Pueblo Nuevo, identificado como cuerpo receptor o sitio de disposición final.

El costo total del proyecto resultó de **C\$ 43, 216,504.21** que equivalen a US\$ 1, 491,252.73 aplicando un cambio actual de C\$ 28.98 por US\$ 1.00 según tabla del Banco Central de Nicaragua (al 04/10/2016).

¹ MH: Limo de alta plasticidad.

² SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

ÍNDICE DE CAPÍTULOS

CAPÍTULO I – GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
CAPÍTULO II – OBJETIVOS.....	6
2.1. GENERAL.....	6
2.2. ESPECÍFICOS	6
CAPITULO III – DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	7
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	7
3.2. POSICIÓN GEOGRÁFICA.....	7
3.3. ORGANIZACIÓN DE LOS BARRIOS QUE CONFORMAN EL CASCO URBANO	7
3.4. MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	8
3.5. RESEÑA HISTÓRICA	9
3.6. TOPOGRAFÍA.....	10
3.7. CLIMATOLOGÍA	10
3.7.1. Zona Húmeda	11
3.7.2. Zona Semi – Húmeda	11
3.7.3. Zona Seca	11
3.8. HIDROGRAFÍA.....	11
3.8.1. Aguas superficiales.....	11
3.8.2. Aguas subterráneas.....	12
3.9. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS	13
3.10. USO POTENCIAL DEL SUELO.....	15
3.11. VÍAS DE ACCESO Y TRANSPORTE.....	16
3.12. AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO	17
3.13. EDUCACIÓN	18
3.14. SALUD.....	18
3.15. ACTIVIDADES ECONÓMICAS	19
3.16. SERVICIOS MUNICIPALES.....	19

3.16.1.	Recolección de desechos sólidos	19
3.16.2.	Mercado	20
3.16.3.	Rastro	20
3.17.	BIODIVERSIDAD: FLORA Y FAUNA	20
CAPITULO IV – MARCO TEÓRICO		23
4.1.	GENERALIDADES	23
4.2.	ESTUDIO GEOTÉCNICO	23
4.3.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	23
4.4.	ESTUDIO DE LA POBLACIÓN	24
4.4.1.	Población actual	24
4.4.2.	Población de diseño	24
4.5.	PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN	25
4.6.	AGUAS RESIDUALES	25
4.6.1.	Consumo doméstico	27
4.6.2.	Consumo comercial, industrial y público	27
4.6.3.	Gasto de infiltración (Qinf)	27
4.7.	SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	28
4.8.	RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO CONVENCIONAL	28
4.8.1.	Geometría de la red de alcantarillado	30
4.8.2.	Modelos de configuración de red	30
4.8.3.	Pozos de visita o cámara de inspección	34
4.9.	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	34
4.9.1.	Tratamientos preliminares	34
4.9.2.	Tratamientos primarios	35
4.9.3.	Tratamientos secundarios	36
4.9.4.	Tratamiento terciario	37
4.10.	TANQUE IMHOFF	38
4.11.	BIOFILTRO DE FLUJO HORIZONTAL	39
4.12.	LAGUNAS	40
4.13.	TIPOS DE LAGUNAS	41
4.14.	LAGUNAS FACULTATIVAS	42

4.14.1.	Procesos en las lagunas facultativas	43
4.15.	FACTORES DETERMINANTES EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO	43
4.16.	LAGUNAS AEROBIAS.....	44
4.17.	APLICACIÓN DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	44
4.18.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	45
4.18.1.	Línea base ambiental.....	45
4.18.2.	Matriz de Leopold	46
4.18.3.	Matrices causa – efecto	47
4.18.4.	Evaluación de Impacto ambiental	47
	CAPITULO V - DISEÑO METODOLÓGICO	48
5.1.	RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN	48
5.2.	ESTUDIO DE POBLACIÓN.....	48
5.2.1.	Proyección de la población	49
5.3.	CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL	51
5.4.	CÁLCULO DE CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES	51
5.3.1.	Caudal de aguas residuales domésticas (Q_m)	52
5.3.2.	Caudal máximo (Q_{max})	52
5.3.3.	Caudal mínimo (Q_{min}).....	52
5.3.4.	Caudal de Infiltración (Q_{inf})	52
5.3.5.	Caudal comercial, Institucional o público (Q_{com} , Q_{inst} o Q_{pub})	53
5.3.6.	Caudal de diseño (Q_d).....	53
5.5.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	54
5.6.	RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	54
5.5.1.	Ubicación y colocación de las alcantarillas	55
5.5.2.	Pozos de visita (PVS)	55
5.5.3.	Pozos de visita con caída	56
5.7.	ESTUDIO GEOTÉCNICO	56
5.6.1.	Granulometría	57
5.6.2.	Módulo de Elasticidad	57
5.6.3.	Valor de soporte	58
5.6.4.	Límites de Atterberg.....	58

5.6.5.	Ángulo de fricción interna	59
5.6.6.	Cohesión.....	60
5.6.7.	Peso específico	60
5.8.	HIDRÁULICA DE ALCANTARILLAS	61
5.7.1.	Criterio de velocidad	62
5.7.2.	Tirante de aguas.....	63
5.7.3.	Diámetro Mínimo	63
5.7.4.	Área Mojada a tubo lleno	64
5.7.5.	Radio hidráulico (RH).....	64
5.7.6.	Perímetro mojado (P).....	64
5.7.7.	Gasto o caudal (QII)	64
5.7.8.	Velocidad de circulación a tubo lleno (VII)	65
5.7.9.	Pendiente longitudinal mínima (S)	66
5.7.10.	Relación de Tirante (h/D).....	66
5.9.	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	66
5.8.1.	Tratamiento preliminar	67
5.8.2.	Estructuras de pre tratamiento.....	67
5.8.3.	Diseño de tanque Imhoff.....	75
5.8.4.	Diseño de Biofiltro de flujo horizontal	78
5.8.5.	Diseño de lagunas de estabilización.....	81
5.10.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	88
5.11.	CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO.....	89
	CAPITULO VI - PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	90
6.1.	ESTUDIO DE POBLACIÓN.....	90
6.2.	INFORME DE ESTUDIO SOCIOECONÓMICO.....	93
6.2.1.	Clasificación de la población por género:	94
6.2.2.	Nivel de escolaridad de la población encuestada	94
6.2.3.	Porcentaje de personas que trabajan, tipo de ocupación y cantidad de ingresos.95	
6.2.4.	Epidemiología	98
6.2.5.	Disposición de las excretas y aguas residuales.....	99

6.2.6.	Opinión de la población	101
6.3.	CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL	101
6.4.	RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	102
6.5.	ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	104
6.6.	SISTEMA DE TRATAMIENTO	105
6.5.1.	Alternativa 1: Tanque Imhoff más Biofiltro	106
6.5.2.	Alternativa 2: Laguna Facultativa más Laguna Aerobia.....	107
6.5.3.	Conducción y vertido del efluente	108
6.5.4.	Elección de la alternativa	108
6.7.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	110
6.6.1.	Resultados del impacto ambiental en la etapa de construcción	111
6.6.2.	Resultados de impacto ambiental en la etapa de operación.....	112
6.8.	COSTO Y PRESUPUESTO	115
	CONCLUSIONES	117
	RECOMENDACIONES.....	119
	BIBLIOGRAFÍA.....	123

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	CASOS POR PATOLOGÍA PERIODO (01/01/2015/ - 31/12/2015).....	5
TABLA 2	OBJETIVO DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO	35
TABLA 3	REVISIÓN DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO.....	62
TABLA 4	ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO	67
TABLA 5	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA	76
TABLA 6	TIEMPO REQUERIDO PARA LA DIGESTIÓN	76
TABLA 7	RELACIÓN ENTRE DBO_5/DBO_5 SOLUBLE	87
TABLA 8	POBLACIÓN Y VIVIENDA DEL ÁREA A SERVIR	90
TABLA 9	PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN PERIODO (2016 – 2036).....	91
TABLA 10	CÁLCULO DE LA TASA DE CRECIMIENTO	92
TABLA 11	CLASIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN POR GÉNERO	94
TABLA 12	NIVEL DE ESCOLARIDAD	94

TABLA 13 PORCENTAJE DE PERSONAS QUE TRABAJAN	95
TABLA 14 OPINIÓN DE LA POBLACIÓN.....	101
TABLA 15 RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO	102
TABLA 16 RESULTADOS DE ESTUDIO GEOTÉCNICO	104
TABLA 17 RANGOS Y LÍMITES MÁXIMOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES.....	109
TABLA 18 EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO	109
TABLA 19 COMPARACIÓN DE COSTOS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO.....	110
TABLA 20 SÍMBOLOS Y VALORES DE LA IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS	111
TABLA 21 COSTOS TOTALES DE LA OBRA.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	8
FIGURA 2 TRAZO DE RED EN BAYONETA	31
FIGURA 3 TRAZADO DE RED EN PEINE	31
FIGURA 4 TRAZADO DE RED COMBINADO	32
FIGURA 5 MODELO DE INTERCEPTORES	33
FIGURA 6 ESTRUCTURA DEL TANQUE IMHOFF	39
FIGURA 7 SECCIÓN LONGITUDINAL DE UN BIOFILTRO DE FLUJO HORIZONTAL	40
FIGURA 8 PROCESO DE BIODEGRADACIÓN EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	41
FIGURA 9 TIPOS DE LAGUNAS	42
FIGURA 10 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL TERRENO DONDE ESTARÍA LA PLANTA	104
FIGURA 11 ALTERNATIVA (1) – TANQUE IMHOFF + BIOFILTRO	106
FIGURA 12 ALTERNATIVA (2) LAGUNA FACULTATIVA + LAGUNA AEROBIA	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 PROYECCIÓN GEOMÉTRICA DE POBLACIÓN (PERIODO 2016 – 2036)	92
GRÁFICO 2 CLASIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN POR EDAD Y GÉNERO.....	94
GRÁFICO 3 NIVEL DE ESCOLARIDAD	95
GRAFICO 4 PORCENTAJE DE PERSONAS QUE TRABAJAN	96

GRÁFICO 5 TIPO DE OCUPACIÓN SEGMENTO 1	96
GRÁFICO 6 TIPO DE OCUPACIÓN SEGMENTO 2	97
GRAFICO 7 INGRESOS PER CÁPITA.....	97
GRÁFICO 8 ENFERMEDADES QUE MÁS AFECTAN A LA POBLACIÓN	98
GRÁFICO 9 POBLACIÓN AFECTADA POR ENFERMEDADES	98
GRÁFICO 10 FRECUENCIA DE LAS ENFERMEDADES POR ESTACIÓN	99
GRÁFICO 11 DISPOSICIÓN DE LAS EXCRETAS.....	99
GRÁFICO 12 DISPOSICIÓN DE LA BASURA	100
GRÁFICO 13 DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	100
GRÁFICO 14 OPINIONES DE LA POBLACIÓN.....	101
GRÁFICO 15 COMPARACIÓN DE LOS IMPACTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS GENERADOS POR EL PROYECTO EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.....	113
GRÁFICO 16 COMPARACIÓN DE LOS IMPACTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS GENERADOS POR EL PROYECTO EN LA ETAPA DE OPERACIÓN.....	114

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I Especificaciones técnicas y criterios de diseño

Anexo II Momería de cálculos de la red de alcantarillado

Anexo III Planos de planta y perfil Red, Detalles Estructurales, Planos Sistema de Tratamiento.

Anexo IV Sistema de pre-tratamiento

Anexo V Sistema de tratamiento

Anexo VI Evaluación impacto ambiental

Anexo VII Costo y Presupuesto

Anexo VIII Encuesta Socioeconómica

Anexo IX Caracterización del Agua Residual

CAPÍTULO I – GENERALIDADES

1.1. Introducción

El crecimiento y el desarrollo mismo de las comunidades humanas traen consigo la generación de nuevas necesidades, las cuales al no ser previstas y atendidas a tiempo representan una potencial fuente de problemas de salud pública y ambiental. Las actividades cotidianas de toda comunidad producen residuos que se pueden clasificar en sólidos y líquidos. La fracción líquida (aguas residuales) es esencialmente el agua que ha sido utilizada en las diferentes tareas domésticas. Al acumularse y ser descargadas en los patios, calles sin ningún tipo de tratamiento, se convierten en un foco de contaminación para los ríos y acuíferos, los cuales sirven como abastecimiento de agua potable para la población. Estas descargas también generan un ambiente favorable para la proliferación de enfermedades producidas por vectores (Dengue, Chikungunya, zika, Leptospirosis, enfermedades parasitarias y respiratorias).

Mediante estudios realizados por el MINSA se ha demostrado que en una población que cuenta con sistema de agua potable y alcantarillado sanitario se reduce un 85% los casos por enfermedades hídricas. Es aquí donde la ingeniería sanitaria juega un papel fundamental al aplicar los principios básicos de la ciencia y la ingeniería a los problemas de control de las aguas residuales, enfocados en la protección de la salud de los pobladores y la conservación del medio ambiente, empleando para ello medidas acorde a las posibilidades económicas, sociales, culturales y técnicas de la localidad.

Es por ello que la evacuación inmediata y sin molestias del agua residual desde sus fuentes de generación, seguida de su tratamiento y eliminación, es necesaria en toda sociedad humana.

De esta manera se presenta el diseño del sistema de alcantarillado más el sistema de tratamiento de aguas residuales para el casco urbano del municipio de Pueblo Nuevo, departamento de Estelí. Como una alternativa para resolver el problema de saneamiento presente en esta localidad. Ya que esta no cuenta con un estudio y diseño de este tipo de tecnologías orientada a la recolección, evacuación y tratamiento de las aguas servidas. Aportando de esta manera al mejoramiento de la calidad de vida de cada uno de los pobladores del municipio, previniendo y conservando el medio ambiente. Comprometidos con la sociedad en donde convivimos y nos desarrollamos.

Siguiendo los criterios y parámetros de diseño establecidos por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). **“Guía Técnica para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales”**. Así como la normativa de disposiciones para el control de contaminación proveniente de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias, **Decreto No. 33 – 95**.

1.2. Antecedentes

En el año 1999 la comuna formuló una propuesta de un alcantarillado sanitario, dicha propuesta contemplaría los estudios y diseños finales de este. En ese año la población del casco urbano era de 2,277 habitantes distribuidos en 3 barrios y 40 manzanas. Cabe destacar que este estudio no se realizó por la falta de gestión de las autoridades correspondientes.

En el informe: “Caracterización Municipal de Pueblo Nuevo, departamento de Estelí” realizado en el año 2000, se evidencia que uno de los problemas sociales que afecta el municipio es la falta de un sistema de recolección y tratamiento de desechos líquidos, todas las viviendas lanzan las aguas grises a la calle; creando condiciones favorables para la reproducción de vectores adversos para la salud pública, tales como: Dengue, Malaria y enfermedades hídricas como: Diarrea, Cólera, Disentería, Infecciones de la piel y parasitosis. Siendo estas las enfermedades más comunes en la población según el centro de atención médica del municipio. Además se están deteriorando los recursos naturales y generando un ambiente estético poco agradable del municipio.

En este informe también se evidencia que para la disposición de las excretas se hace uso de letrinas de tipo seco y en algunas viviendas cuentan con sumideros.

1.3. Justificación

El presente trabajo monográfico está concebido y orientado como una contribución a lo que manda la Constitución Política de Nicaragua en su Capítulo III, Arto.60, que establece lo siguiente: Los nicaragüenses tienen derecho de habitar en un ambiente saludable, así como la obligación de su preservación y conservación.

En el municipio de Pueblo Nuevo las principales enfermedades son de origen Hídrico – Entérico tales como: diarrea, disentería, infecciones de la piel, parasitosis, malaria, las cuales son ocasionadas por la contaminación con heces fecales que tienen los acuíferos y cuerpos de agua de los cuales se abastece la población en general.

Los índices de morbilidad infantil, personas de la tercera edad y el incremento en la tasa de crecimiento urbano confirman la importancia de incrementar el acceso a servicios de saneamiento adecuados. Aparte de los problemas ocasionados a la sociedad se producen daños ambientales con la contaminación de los Acuíferos (ecosistemas acuáticos) y los demás ecosistemas que conviven y subsisten en el entorno.

Este trabajo monográfico contiene información cualitativa, cuantitativa, técnica, científica, y como tal, es una fuente importante para el Ministerio de Salud (MINSA) y la comuna, a la hora de tomar decisiones para lograr sus objetivos de realizar un sistema de salud que mejore las condiciones de vida de los pobladores del municipio y por ende el desarrollo del país.

De materializarse esta idea, se beneficiará directamente a las familias que viven en el casco urbano de Pueblo Nuevo, ayudará a tener servicios de saneamiento adecuado, prestando un ambiente sano, limpio, sin charcas en los patios y aceras públicas. Presentando un ambiente más agradable ante los inversionistas, turistas, ONG facilitando las oportunidades de emprendimiento para la población.

Eliminando focos infecciosos cargados de bacterias patógenas, huevos de parásitos que proliferan en las aguas residuales. Evitando la contaminación del subsuelo y de los recursos hídricos, de donde la ciudad se abastece de agua para el desarrollo de sus actividades. Se reducirá la tasa de morbilidad infantil y las afecciones a personas de la tercera edad (Índice de personas con enfermedades de origen Hídrico – Entéricas).

Previniendo la contaminación del medio ambiente, mejorando el aspecto estético e higiénico de la ciudad. Además tendría beneficios indirectos a la región y al país, puesto que se reducirán las afecciones por la exposición al consumo de agua contaminada por heces fecales, el país gastará menos presupuesto en el tratamiento y atención de personas enfermas con: Diarrea, Cólera, Disentería, Infecciones parasitarias, Malaria, entre otras; así como tener control en la erradicación de focos infecciosos donde proliferan los parásitos e insectos que transmiten enfermedades virales.

Tabla 1 Casos por patología periodo (01/01/2015/ - 31/12/2015)

Enfermedades	Pacientes
Sospechoso de Fiebre por Chikungunya	88
Fiebre de Chikungunya	17
E.D.A (Sind Diarreico Agudo)	843
Dengue clásico confirmado	15
ETI Enfermedad Tipo Influenza	16
Dengue clásico sospechoso	98

Fuente: Hospital primario – Pueblo Nuevo.

CAPÍTULO II – OBJETIVOS

2.1. General

Diseñar un Sistema de Alcantarillado Sanitario y una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el área urbana del municipio de Pueblo Nuevo.

2.2. Específicos

1. Caracterizar las condiciones higiénico – sanitarias y socioeconómicas de la población, que faciliten las especificaciones para la sostenibilidad.
2. Realizar un levantamiento plani – altimétrico de las calles y avenidas de la localidad que suministren las especificaciones de diseño hidráulico de la red de drenaje.
3. Caracterizar la calidad del agua residual
4. urbana y las especificaciones técnicas de diseño de la planta depuradora.
5. Efectuar un estudio geotécnico en sitio propuesto para la planta de tratamiento.
6. Diseñar dos alternativas de tratamiento de aguas residuales.
7. Calcular las cantidades de obra y los costos del proyecto.
8. Evaluar los Impactos Ambientales del sistema de tratamiento.

CAPITULO III – DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Ubicación geográfica³

El municipio de Pueblo Nuevo se encuentra ubicado en el departamento de Estelí a una distancia de 54.35 Km de la cabecera departamental (Estelí) y a una distancia de 206 Km de Managua, capital de la república.

3.2. Posición geográfica

Ubicado entre las coordenadas 13° 17' de latitud Norte y 86° 27' de longitud Oeste. Con una extensión territorial de 202 Km².

Sus límites son los siguientes:

Al Norte: Municipios de Somoto, Yalagüina y Palacagüina.

Al Sur: Municipio de San Juan de Limay.

Al Este: Municipio de Condega.

Al Oeste: Municipios de San Lucas, Las Sabanas y Cusmapa

3.3. Organización de los barrios que conforman el casco urbano

N°	Nombre del barrio
1	Camilo Castellón
2	Byron Jiménez
3	Saúl Tercero

³ Caracterización Municipal de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí (FICHA MUNICIPAL).

3.4. Macro y micro localización del área de estudio

Figura 1 Macro y Micro localización del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

3.5. Reseña histórica⁴

Los primeros pobladores del territorio fueron miembros de tribus naborías de origen Chorotega, fueron desplazados paulatinamente por ladinos (hijos de español e indígena) hacia el área rural. El poblado ha estado ubicado en tres lugares diferentes; su primer asentamiento se ubicó entre los poblados de Palacagüina y Condega, hacia el este del Río Ducualí, este poblado fue fundado el año de 1652 por el Gobernador Arbieto, quien nombró al pequeño asentamiento “La Santísima Trinidad del Valle del Pliego”.

En el año de 1681 el Obispo de Nicaragua Fray Andrés de las Navas y Quevedo, visitó el poblado y relató que en ese entonces la población era de 248 personas, todas pertenecientes a la tribu naboría, quienes pagaban un tributo real de 200 pesos anuales.

Por las inundaciones provocadas por el Río Ducualí, el poblado fue reubicado entre Paso Hondo y San Antonio, dándole esta vez el nombre de Pueblo Nuevo de la Santísima Trinidad del Pliego. Estos acontecimientos datan en los inicios del siglo XVIII.

El Obispo Fray Agustín Morel de Santa Cruz visitó el poblado en mayo de 1751 y relata que la población estaba compuesta exclusivamente de ladinos, lo que plantea que los aborígenes naboríes ya habían desaparecido para ese tiempo.

Entre los años de 1835 a 1836 la población del municipio se vio afectada por una fuerte epidemia del cólera que obligó a los pobladores a trasladarse hacia lo que hoy es el casco urbano de Pueblo Nuevo.

⁴ Alcaldía del poder de la familia y la comunidad del municipio de Pueblo Nuevo..

3.6. Topografía

Dado que la localidad de Pueblo Nuevo se asienta en un reducido intramontano, la topografía de la localidad y sus alrededores varia con rapidez de semiplano a ondulada; la altitud media es de 606.3 sobre el nivel del mar (msnm). La pendiente promedio es 2.8%, con predominancia en sentido Noroeste a Sureste, o sea en dirección al Río Pueblo Nuevo.

En general, la localidad está rodeada de pequeños a medianos accidentes topográficos principalmente constituidos por cerros como el Barro (732 msnm), El Cuervo, Las Horquetas y una serie de cerros de menos altura que han limitado el crecimiento horizontal del poblado en las direcciones Noreste – Noroeste, por el flanco Sureste – Noreste además de los cerros existe una quebrada efímera denominada: Quebrada Arriba la cual es afluente del río Pueblo Nuevo, el cual limita al poblado por el flanco Sureste.

Las mejores posibilidades de crecimiento horizontal del poblado en base a la topografía del terreno se localiza en las direcciones Sureste – Suroeste, es decir, siguiendo las rutas hacia Condega y San Juan de Limay respectivamente.

3.7. Climatología⁵

El clima del municipio se caracteriza por ser cálido y húmedo, con temperaturas que oscilan entre los 18 °C y 30 °C. Según la clasificación de Köppen, el clima es de tipo sabana tropical. Dentro del municipio se distinguen tres zonas climáticas diferentes que son:

⁵ Caracterización Municipal de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí (FICHA MUNICIPAL).

3.7.1. Zona Húmeda

Tiene una pluviosidad anual de 200 a 1,250 mm, la mayor altura sobre el nivel del mar es de aproximadamente 1,400 m y pendientes de 10 a 30 grados.

3.7.2. Zona Semi – Húmeda

La pluviosidad anual de 900 mm, la mayor altitud sobre el nivel del mar es de 800 m y las pendientes son de 0 a 8 grados. La localidad del Pueblo Nuevo se localiza dentro de esta micro zona climática.

3.7.3. Zona Seca

La pluviosidad anual 800 mm, la mayor altura sobre el nivel del mar es de 600 metros y las pendientes de 5 a 20 grados.

Los vientos predominantes ocurren en dirección Norte con velocidades máximas de hasta 3.4 m/s, Noreste (3.3 m/s) y Este, donde se reportan velocidades de hasta 3.5 m/s que son las máximas registradas.

3.8. Hidrografía⁶

3.8.1. Aguas superficiales

Pueblo Nuevo está circunscrito en la **Cuenca Hidrográfica 45**, que corresponde a la cuenca tributaria del Río Coco o Segovia, siendo el río de mayor longitud en Nicaragua, el cual tiene su origen en Honduras y pertenece a la vertiente del Atlántico. Todos los ríos de la zona son afluentes del Río Coco.

⁶ Caracterización Municipal de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí (FICHA MUNICIPAL).

El municipio está surcado por el río Pueblo Nuevo y afluentes menores: quebrada canalí, quebrada el mango y quebrada Guasuyuca.

Dentro del área de influencia del presente estudio, el principal cuerpo de agua superficial es el Río Pueblo Nuevo el cual en su recorrido bordea el extremo SO – SE de la localidad de Pueblo Nuevo. Cabe destacar que debido al deterioro ambiental de la cuenca del río de Pueblo Nuevo este mantiene un curso de agua constante durante el periodo lluvioso, donde presenta sus crecidas y luego bajan sus niveles, hasta secarse por completo en los periodos de verano.

El río de Pueblo Nuevo es un afluente del Río Coco y en trayecto desde su nacimiento hasta la desembocadura se le unen otros afluentes como la Quebrada de Arriba que es un pequeño riachuelo de carácter efímero y que en su recorrido bordea el extremo este de la localidad de Pueblo Nuevo.

El Río Pueblo Nuevo aguas abajo, es utilizado por las comunidades de: los Laureles, Paso Real, Río Abajo, Ducuale Grande, San Francisco y otras, en actividades como abreviar ganado y riego de hortalizas como: tomate y chiltoma, tabaco, frijoles y maíz, estos por temporada, lavado de ropa y otras actividades.

3.8.2. Aguas subterráneas⁷

Los acuíferos que se han formado en el Valle de Pueblo Nuevo están constituidos por material aluvial transportado, depositado sobre rocas metamórficas antiguas de la era Paleozoica, presentando en algunos sectores buenas características de permeabilidad y transmisibilidad. El material aluvial está compuesto principalmente de limos orgánicos superficiales de 0.30 m de espesor, Tipo ML, arenas aluviales Tipo SM y SM – SP con intercalaciones de lentes gravelíticos de pequeño espesor, menor de 0.1 m.

⁷ Caracterización Municipal de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí (FICHA MUNICIPAL).

En agua subterránea se encuentra en condiciones semi-artesianas, el gradiente hidráulico escurre en dirección al Río Pueblo Nuevo, el rendimiento de los pozos de abastecimiento de agua existentes en el área urbana, oscila en 220 galones por minutos y dos pilas de captación con una capacidad promedio de 115,000 galones para casos de emergencia.

La profundidad de las aguas subterráneas del material aluvial se encuentra entre los 4 a los 20 metros. Las menores profundidades se hallan en la zona adyacente al Río Pueblo Nuevo y las profundidades mayores en el interior del poblado.

Los valores de la capacidad específica van desde 3 m³/h/m hasta 10 m³/h/m y la transmisibilidad varía entre 150 y 300 m²/d, siendo 200 m²/d el valor medio.

3.9. Características geomorfológicas

Pueblo Nuevo se encuentra dentro de la provincia geológica del Norte, que abarca el área comprendida entre un poco más del límite Sur del departamento de Estelí, y parte del departamento de Jinotega.

Las estructuras más características son las originadas en las rocas metamórficas e ígneas intrusivas, tales como: las grandes fallas, las numerosas diaclasas, las flexuras y micro plegamiento o arrugamiento de rocas metamórficas. Estas estructuras fueron desarrolladas por fenómenos geológicos de las eras primarias y secundarias ya estables, por consiguientes los movimientos sísmicos no son frecuentes. Muchos fenómenos geológicos que afectaron la provincia fueron muy favorables para la geología económica ya que favorecieron la mineralización.

La geomorfología está representada por el relieve montañoso de mayor elevación conocido en Nicaragua (Cordillera de Dipilto), cerros en cono y domos, característicos de rocas metamórficas e intrusivas. Los drenajes son profundos en parte controlados por las fallas.

En la región se encuentran numerosos valles intramontanos, siendo El Sauce, Achuapa, San Juan de Limay, Estelí, Sébaco, Pantasma, Jinotega y Pueblo Nuevo los más importantes. Generalmente tienen forma de “V” con costados de pendientes muy fuertes.

Las formas del relieve predominantes son altiplanicies, mesas, cuestras, cordilleras, serranías, colinas aisladas, terrenos montañosos quebrados moderadamente, hasta muy escarpados, con pendientes que varían entre 15 a 75% o más, alineamientos de lomas montañosas y colinas onduladas. En general el relieve dominante es fuertemente accidentado, resultado de un sistema de fracturas denso y complejo.

El sistema de drenaje está constituido principalmente por redes rectangulares y angulares y en menor cantidad dendríticos. En el caso de los relieves volcánicos, de forma cónica, la red de drenaje es de tipo radial. En la mayoría de los casos, el perfil longitudinal de los ríos es irregular, con rápidas cascadas y pozos, consecuencia de obstrucciones locales.

La provincia pertenece a la zona de América Central, que se desarrolló durante el Paleozoico y Mesozoico. Durante este periodo hubo sedimentación, que más tarde fue solventada, plagada, metamorfozada e invadida por rocas ígneas. Posteriormente, fue sometida a erosión e invadida por el mar con la deposición de conglomerados y calizas (área de Bocay). Fue deformada por los movimientos laramícos y afectada en parte por el volcanismo y el plutonismo.

La historia concluyó con el levantamiento total y la posterior erosión con el afloramiento de rocas Mesozoicas y deposición de conglomerados rojos (formación Totogalpa).

La provincia del Norte está caracterizada por el predominio de rocas metamórficas, conocidas con el nombre de esquistos de Estelí, rocas ígneas intrusivas, rocas

sedimentarias y en reducción de escala rocas extrusivas. Estas rocas, excepto las extrusivas, son las más antiguas de Nicaragua, corresponden al paleozoico y al mesozoico. Las rocas sedimentarias están representadas por calizas, lutitas y conglomerados las cuales están agrupadas bajo las formaciones de Atima y Metapan, el sedimento más reciente es el conglomerado rojo (formación Totogalpa)

3.10. Uso potencial del suelo⁸

El Municipio de Pueblo Nuevo se caracteriza por la producción de cultivos para autoconsumo, hortalizas y café para el comercio; sin embargo, cabe señalar que la mayor parte del área del Municipio presenta poco potencial agrícola, debido principalmente a pendientes pronunciadas que hace los suelos susceptibles a la erosión, los suelos identificados son los siguientes:

- ✓ **Agricultura Temporal:** que corresponde a cultivos anuales sembrados únicamente en la época de invierno, ocupan un área de 5,390 ha. Para un 24.5% del área total del municipio.
- ✓ **Agricultura Intensiva:** se refiere aquellas tierras que son utilizadas todo el año y que disponen de Sistemas de riesgo; este uso ocupa un área de 748 ha. Para un 2.4% del área total.
- ✓ **Café Bosque:** son todas aquellas áreas que están siendo utilizadas para café con sombra; en este tipo de uso se encuentran 3,124 ha, para un 14.2% de la superficie total.
- ✓ **Pasto:** esta área de pastos cubre 528 ha, para un 2.4% del área total. Pastos y Bosques: este uso tiene la mayor área, ocupa 9108 ha. , Para un 41.4% del área total.
- ✓ **Tacotal – Pasto:** es un tipo de bosque secuencial que se encuentra con pasto; ocupa un área de 2,156 ha. , Con un 9.8 % del área total.

⁸ Caracterización Municipal de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí (FICHA MUNICIPAL).

- ✓ **Bosque denso:** Todas aquellas áreas que aún conservan su bosque original y que forman una cubierta densa sobre la superficie, ocupan un área de 682 ha, para un 3.1% del área total.
- ✓ **Bosque Ralo:** Áreas que han sufrido alguna perturbación o han sido explotados; se identifican por la poca cobertura sobre la superficie del suelo, este tipo de uso ocupa un área de 264 ha, para un 1.2% del área total.

El Municipio de Pueblo Nuevo dispone de un 3.1% del área total en bosque denso (bosques de protección), un 14.2% del área está ocupada con bosques combinados con café y un 41.4% del área está ocupada con pastos (incluyendo los pastos naturales), y bosques. Estos usos representan un total de 58.7% del área total del Municipio cubierta con estos tipos de vegetación.

3.11. Vías de acceso y transporte⁹

En el Municipio de Pueblo Nuevo cuenta con un total de 42 Comunidades y 27 Caseríos, las que tienen acceso a transporte hasta en un 95 %. La Comunidad más distante se encuentra a 22.9 Km., de la cabecera Municipal. La red de caminos cuenta con 35.2 kilómetros de carretera troncal y 109.5 kilómetros de caminos vecinales, de los cuales 41.3 kilómetros son de todo tiempo, 68.3 kilómetros de tiempo seco y los restantes son caminos de herradura.

Con relación a los servicios que demanda la población, Pueblo Nuevo cuenta con catorce unidades de transporte que mantienen un itinerario permanente de ida y regreso a Estelí, dos unidades procedente de San Juan de Limay, hacia La Shell de Palacagüina y Estelí cruzan el municipio, también cuenta con una flota de vehículos menores (taxis) que prestan el servicio de transporte de Pueblo Nuevo a la Shell y viceversa.

⁹ Información obtenida de la comuna de Pueblo Nuevo.

Seis unidades más brindan este servicio en comunidades rurales y el área urbana que de alguna manera dan ciertas respuestas a las necesidades de movilización de parte de la población. Así también se han sumado nuevas unidades de transporte (moto taxi).

3.12. Agua potable y saneamiento

El casco urbano de Pueblo Nuevo cuenta con una infraestructura (red) de abastecimiento de agua potable, la que debido a su deterioro en el año 2000 fue reemplazada por tubería PVC y diseñada para abastecer del vital líquido a la población. También se creó una pila de almacenamiento de agua con capacidad de 30,000 galones, y otra más construida actualmente con una capacidad de 85,000 galones instalados al sistema para el abastecimiento en el tiempo inactivo de las plantas, estas pilas son abastecidas por dos pozos perforados.

En la actualidad, este mismo sistema abastece a una población que se calcula arriba de los 3,500 habitantes, y se le ha anexado un sistema de Bombeo eléctrico instalado en la red de distribución ya creada y ampliada para cubrir cuatro barrios nuevos.

El sistema de agua potable urbano cuenta con un abastecimiento de dos pozos artesanos, los cuales son explotados a través de dos equipos de bombeo eléctrico, y con un sistema de cloración automático instalado. La producción actual del equipo y pozos es de 220 galones por minuto, para abastecer una demanda de 177 galones por minuto; abasteciendo a 485 instalaciones domiciliarias y 12 instalaciones estatales, esto sobre una demanda potencial de 576 viviendas. El consumo promedio por conexión es de 18.31 M³ / Mes, y se estima un consumo de 27 galones por persona, por día.

No existe en el municipio, ni en el centro poblado de Pueblo Nuevo un sistema de recolección y tratamiento de desechos líquidos. Todas las viviendas lanzan las

aguas grises a la calle y cuentan con letrinas del tipo seco en la periferia; en la zona central de la ciudad utilizan sumideros. Se estima que un 70% de la población urbana utiliza el sistema de letrinas. En el área rural se usa también letrina pero con una cobertura menor, no superior al 10% de las viviendas.

3.13. Educación

El programa de preescolar cuenta con 50 centros en todo el municipio, de los cuales 4 centros se localizan en el casco urbano y 46 en comunidades rurales; a estos se le suma la habilitación de un CDI inaugurado en el mes de julio del presente año.

La educación primaria, cuenta con una infraestructura de 44 centros, de los cuales 2 son casas comunales, 2 son casas particulares y 1 es un centro comunal de preescolar, para un total de 117 aulas. La educación secundaria ubicada en el casco urbano del municipio cuenta con el servicio de dos centros educativos uno estatal y otro privado.

3.14. Salud

Actualmente el centro de salud que lleva el nombre de **“Mons. Julio Cesar Videa”** se encuentra ubicado en la zona Noroeste, salida hacia las comunidades cofradía y lagunetas, con un área de construcción de aproximadamente una manzana de terreno. Su construcción es de paredes de concreto y cuenta con camas, servicios higiénicos, alumbrado eléctrico, agua potable, teléfono, una planta eléctrica para los cortes de energía comercial, un radio comunicador y tres ambulancias. El local se encuentra en buen estado.

Este centro de salud con camas que funciona como un pequeño Hospital de atención primaria, está destinado a prestar atención a los 22,000 habitantes de todo el municipio.

3.15. Actividades económicas

Las actividades económicas del municipio son la ganadería y agricultura, principalmente la cosecha en todo tiempo (invierno y verano), rubros como hortalizas: tomate, chiltoma, cebolla, pepino, pipianes entre otros. La cosecha de café por temporada y el tabaco en periodo de verano.

Cabe destacar que la economía del municipio recibe un impulso de las remesas provenientes de familiares que trabajan en el extranjero y otras que provienen de personas que migran a trabajar a otros municipios de mayor empuje económico.

3.16. Servicios municipales

3.16.1. Recolección de desechos sólidos

Para el tratamiento de la basura, la Municipalidad cuenta con un servicio de recolección (camión volquete de 6 m³ de capacidad), que recoge la basura en el casco urbano, asignados dos días por semana para esta función. Se cuenta con un vertedero público de desechos sólidos, donde se les da un tratamiento de relleno sanitario manual, en un predio de 14,102 metros cuadrados, adecuadamente acondicionado y con la estructuración de tres pilas para el almacenamiento; este predio está debidamente cercado y protegido por un portón metálico.

La cantidad de recolección de desechos sólidos en el municipio equivale a: 24 m³ por día con una frecuencia de duración de 8 horas laborales con capacidad de bota de 6 m³ por unidad de tractor para laborar en 11 barrios del municipio.

3.16.2. Mercado

Actualmente el municipio cuenta con un mercado público donde se venden productos perecederos (hortalizas) de la localidad, ofertada a precios accesibles a los habitantes del municipio y visitantes, también cuenta con módulos que se ocupan en diferentes negocios: laboratorios, pulperías, barbería, restaurantes, mantenimiento y reparación de celulares. Cuenta con un puesto de salud preventivo donde la población del sector puede asistir en primera instancia ante eventualidades médicas. También el local funciona como referencia de terminal de buses.

3.16.3. Rastro

En el municipio de Pueblo Nuevo existía un Rastro de 96 m² pero debido a problemas de mantenimiento no funcionó, por lo que el Consejo Municipal decidió destinar la infraestructura para un Pre – Escolar considerando que la población de estudiantes del barrio Eddy Solórzano, en edad promedio para estudiar, es de 36 alumnos.

Actualmente existen 12 personas que destazan semovientes entre martes y domingo, esta carne es consumida en el municipio de Pueblo Nuevo.

3.17. Biodiversidad: flora y fauna

Está caracterizada por un pequeño número de especies, en proceso de extinción. Entre las principales especies están: conejos, garrobos, zorros, gavilanes, palomas, chachalacas, cusucos, venados, tigrillos y guardatinajas.

A pesar de que el Municipio de Pueblo Nuevo presenta un 41.8% del territorio como área de vocación forestal, sus bosques actuales no representan ningún potencial para la explotación debido a que la mayor parte está cubierta de pastos

combinados con algunos árboles ralos dispersos significando que no existen áreas considerables de bosques puros con especies de importancia económica.

Los tipos de bosques predominantes en el territorio de Pueblo Nuevo varían desde bosques espinosos arbustivos de zonas secas caducifolias hasta los bosques de mediana altura subperennifolia de zonas húmedas.

La parte baja de la cuenca (600-700 msnm) se caracteriza por presentar un tipo de bosque seco sub-tropical, con especies arbustivas de porte bajo y solo unas pocas especies de porte alto.

Las especies predominantes de porte bajo son las siguientes: Quebracho, Nance, Carbón, Cornizuelo, Brasil, Mandagual, Sacuanjoche y Amarguito. Las especies predominantes de porte alto son: Guanacaste, Cedro real, Carao, Laurel, Granadillo, Guapinol, Ceiba, Genízaro. Debido a la sobreexplotación estas especies están en peligro de extinción.

La parte media de la cuenca (700-900 msnm) se caracteriza por presentar un tipo de vegetación subperennifolia con muchas plantas epifitas (características de plantas maderables). Esta sub-zona se caracteriza por especies de plantas de porte más alto, debido al aumento de las precipitaciones y a la prolongación del periodo húmedo; entre las especies de plantas predominantes están: Madero, Sardillo, Cedro Real, Roble, Ocote, Laurel, Guanacaste, Carbón, Carao, Aguacate, y Macuelizo, entre otros.

También predominan algunas especies de plantas epifitas y plantas arbustivas características de zonas más frescas, como la Barba de Viejo u el Espadillo.

La parte alta de la cuenca, comprendido dentro de los 900 msnm hasta las alturas máximas de la cuenca que son de 1,400, y 1,700 msnm, se caracteriza por presentar como zonas de vida: bosques muy húmedo subtropical y bosque muy

húmedo montañoso bajo subtropical caracterizados por presentar las máximas precipitaciones entre los 118 y 139 mm, con temperaturas promedio de 21° C. Este gradiente se diferencia de los otros por presentar un tipo de vegetación perennifolia y es donde se cultiva la mayor parte del café del municipio.

Las especies de plantas que predominan en el gradiente son: Lechoso, Aguacate, Mico, Guaba, Roble, Ocote, Mora, Coralillo, Santa María, Muñeco y Ojoche. En las partes donde no ha sido intervenido y que todavía se encuentran sotobosque característico de zonas húmedas y frescas especies como: Helechos, Pacaya, Musgos, Sarzilla, Caña Agria, Uvas de Montaña y Calagua.

También se encuentran abundantes lianas trepadoras y abundantes plantas epifitas. Esta zona de pendientes muy pronunciadas representa la única reserva, que conserva especies originales (primitivas).

CAPITULO IV – MARCO TEÓRICO

4.1. Generalidades

En este capítulo se dan a conocer las definiciones del conjunto de métodos y tecnologías que abordan el desarrollo de este trabajo monográfico.

4.2. Estudio Geotécnico¹⁰

El estudio geotécnico es el conjunto de actividades que permiten obtener la información geológica y geotécnica del terreno, necesaria para la redacción de un proyecto de construcción. Se realiza previamente al proyecto y tiene por objeto determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesarios para definir el tipo y condiciones de cimentación.

4.3. Levantamiento topográfico¹¹

Este estudio representa el conjunto de procedimientos para determinar la posición de un punto sobre la superficie terrestre (longitud, latitud, elevación). Para el estudio operacional de la topografía se dividió en:

Planimetría: Representación horizontal de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar las dimensiones de este. Se estudian los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones. Dicho de otra manera estamos representando el terreno visto desde arriba o de planta.

¹⁰ <http://www.entecsagranada.com/preguntas-frecuentes-%C2%BFque-es-un-estudio-geotecnico/>
Citado 23/09/2016.

¹¹ MSc. Sergio Navarro. Introducción a la topografía.

Para la planimetría podemos usar la cinta o el teodolito como instrumento universal. Las distancias con que se trabaja y que se marcan en planos en planos, siempre son horizontales. Por tanto, las distancias siempre que se puede se miden horizontales o se convierten a horizontales con datos auxiliares (ángulo vertical o pendiente). La cinta determina las distancias con mayor exactitud, con teodolito tiene menor precisión en las distancias.

Altimetría: tiene como objeto principal determinar la diferencia de alturas entre puntos situados en el terreno. (Usamos el nivel, teodolito, cinta).

Altiplanimetría: combinación de las anteriores por lo que se puede realizar un trabajo mediante planimetría y otro por altimetría y después fusionamos ambas.

4.4. Estudio de la población

4.4.1. Población actual

Consiste en el número de habitantes que estaría conectada a la red, representando el gasto de aguas residuales. Esta puede estimarse a través de un censo poblacional.

4.4.2. Población de diseño

La determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse el acueducto es un parámetro básico en el cálculo del caudal de diseño para una comunidad. Es necesario determinar los aportes futuros de aguas residuales de una población para prever en el diseño las exigencias, de las líneas de conducción, planta de tratamiento y futuras extensiones del servicio.

4.5. Proyección de la población¹²

Las Proyecciones Demográficas (PD) son estimaciones de la población futura, a corto y medio plazo, basadas en el conocimiento de los fenómenos demográficos y utilizando los indicadores demográficos de mortalidad, fecundidad y migraciones.

4.6. Aguas residuales¹³

Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales. Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el uso directo.

Por su origen las aguas residuales presentan en su composición diferentes elementos que se pueden resumir como:

- Componentes suspendidos
 - Gruesos (inorgánicos y orgánicos)
 - Finos (inorgánicos y orgánicos)
- Componentes disueltos
 - Inorgánicos
 - Orgánicos

En general, las aguas residuales se clasifican en:

¹²

http://www.eustat.eus/estadisticas/tema_163/opt_0/tipo_5/ti_Proyecciones_de_poblacion/temas.htm Citado 23/09/2016

¹³ <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/09/tratamiento-de-aguas-residuales.pdf>
<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/tratamiento-residuales.html> Citado 23/09/2016

Aguas residuales domésticas (ARD): son las provenientes de las actividades domésticas de la vida diaria como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc. Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas. Su composición varía según los hábitos de la población que los genera.

Aguas lluvias (ALL): son las originadas por el escurrimiento superficial de las lluvias que fluyen desde los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno. Los primeros flujos de ALL son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie. La naturaleza de esta agua varía según su procedencia: zonas urbanas, rurales, semi rurales y aún dentro de estas zonas se presentan enormes variaciones según el tipo de actividad o uso del suelo que se tenga.

Residuos líquidos industriales (RLI): son los provenientes de los diferentes procesos industriales. Su composición varía según el tipo de proceso industrial y aún para un mismo proceso industrial, se presentan características diferentes en industrias diferentes. Los RLI pueden ser alcalinos o ácidos, tóxicos, coloreados, etc., su composición refleja el tipo de materias primas utilizado dentro del proceso industrial.

Aguas residuales agrícolas (ARA): son las que provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas. Se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión. La descarga de esta agua es recibida directamente por los ríos o por los alcantarillados.

4.6.1. Consumo doméstico¹⁴

Se entiende por consumo doméstico de agua por habitante a la cantidad de agua que dispone una persona para sus necesidades diarias de consumo, aseo, limpieza, riego, etc. y se mide en litros por habitante y día (l/hab/día).

El consumo de agua per cápita, depende de algunos factores:

- ✓ Disponibilidad de fuentes
- ✓ Clima y temperatura de la zona
- ✓ Hábitos higiénicos y culturales de la población
- ✓ Ingreso familiar
- ✓ Equipos domésticos que utilizan agua
- ✓ Intensidad y tipo de actividad comercial e industrial
- ✓ Regularidad de abastecimiento de agua
- ✓ Valor de la tarifa y existencia de subsidios
- ✓ Control ejercido sobre el consumo

4.6.2. Consumo comercial, industrial y público

Este consumo se define como la cantidad de agua que se dispone para desarrollar actividades comerciales, industriales y públicas. Representan un porcentaje de consumo de agua potable.

4.6.3. Gasto de infiltración (Q_{inf})¹⁵

Son las aguas que se introducen a la tubería por medio de infiltración. Dicho caudal proviene de las aguas pluviales, fugas de abastecimiento de agua potable y el

¹⁴ http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/el-consumo-de-agua-en-porcentajes.asp citado. 23/09/2016

¹⁵ Msc. Eddie M Gonzales. Apuntes de Ingeniería Sanitaria II.

agua del subsuelo que penetra a las redes de alcantarillado sanitario, para estimarlo es necesario tomar en cuenta a qué altura se encuentra el nivel freático, permeabilidad del suelo, precipitación anual, dimensiones y tipo de material usado en las alcantarillas, así como el cuidado en la instalación y construcción de la obra.

4.7. Sistema de alcantarillado sanitario

Conducto de servicio público cerrado, destinado a recolectar y transportar aguas residuales que fluyen por gravedad libremente bajo condiciones normales. Comprende el conjunto de colectores secundarios, principales, interceptores, emisarios, cámaras de inspección, terminales de limpieza y tubos de inspección y limpieza.

4.8. Red de alcantarillado sanitario convencional¹⁶

Los sistemas convencionales de alcantarillado son el método más popular para la recolección y conducción de las aguas residuales. Está constituido por redes colectoras que son construidas, generalmente, en la parte central de calles y avenidas e instaladas en pendiente, permitiendo que se establezca un flujo por gravedad desde las viviendas hasta la planta de tratamiento.

Otro componente de este sistema son las conexiones domiciliarias que se conecta con la red de desagüe de las viviendas, con la finalidad de transportar las aguas residuales desde ellas a las alcantarillas más cercanas.

El componente complementario más importante son los buzones de inspección, que se ubican principalmente en la intersección de colectores, en el comienzo de todo colector y en los tramos rectos de colectores a una distancia hasta de 250 m.

¹⁶ Organización Panamericana de Salud. Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillados. Lima, 2005, Cap. 5, P. 6

La principal función de estas cámaras es la limpieza de los colectores para evitar su obstrucción.

Los colectores son generalmente de 200 mm o mayor, siendo excepcionales los de 150 mm, y son normalmente instalados a una profundidad mínima de 1 m. Este es uno de los sistemas más utilizados en el país. La sedimentación es uno de los factores bajo los cuales se diseñan, controlando las velocidades en las tuberías, como mínimo se establece 0.6 m/s a tubo lleno y 2 m/s para la velocidad máxima de diseño.

Las componentes de un sistema de alcantarillado sanitario son:¹⁷

- ✓ **Conexión domiciliar:** se denominan así a los componentes que recolectan las aportaciones de aguas residuales de una casa o edificio y las entregan a la red municipal.
- ✓ **Conductos (atarjeas, sub-colectoras, colectoras principales, interceptoras y evacuadoras). Atarjeas o cabeceros:** son las tuberías de diámetro mínimo dentro de la red que se instalan a lo largo de los ejes de las calles de una localidad y sirven para recibir las aportaciones de los albañales.
- ✓ **Sub-colectores:** Son los conductos que reciben las aportaciones de aguas residuales provenientes de las atarjeas y, por lo tanto, un diámetro mayor. Sirven también como líneas auxiliares de los colectores.
- ✓ **Colectores:** Son líneas o conductos que se localizan en las partes bajas de la localidad, su función es capturar todas las aportaciones provenientes de subcolectores, atarjeas y descargas domiciliarias.
- ✓ **Emisor:** Es un conducto comprendido entre el final de la zona de una localidad y el sitio de vertido o en este caso, planta de tratamiento. Su función es transportar la totalidad de las aguas captadas por el resto de la red de alcantarillas.

¹⁷ Msc. Eddie M. González, Apuntes de Ingeniería Sanitaria II.

4.8.1. Geometría de la red de alcantarillado¹⁸

La disposición de los tramos y de las cámaras que conforman la red constituye uno de los parámetros básicos del diseño. Dicha disposición define la geometría de la red y con esta sus características topológicas, las cuales permanecen invariables durante el diseño. Estas características incluyen el número de tramos y cámaras, la unión de los mismos, la longitud de los tramos y la sectorización de los caudales que se presentan para cada punto de descarga. También, se debe determinar las áreas tributarias a cada tramo, las cuales se utilizan en el cálculo del caudal de aguas residuales y/o lluvias.

4.8.2. Modelos de configuración de red¹⁹

El trazo de atarjeas generalmente se realiza coincidiendo con el eje longitudinal de cada calle y de la ubicación de los frentes de los lotes. Los trazos más usuales se pueden agrupar en forma general en los siguientes tipos:

a) Trazo en bayoneta.

Se denomina así al trazo que iniciando en una cabeza de atarjea tiene un desarrollo en zig-zag o en escalera (ver Figura 2).

b) Trazo en peine.

Es el trazo que se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo, empiezan su desarrollo en una cabeza de atarjea, descargando su contenido en una tubería común de mayor diámetro, perpendicular a ellas (ver Figura 3).

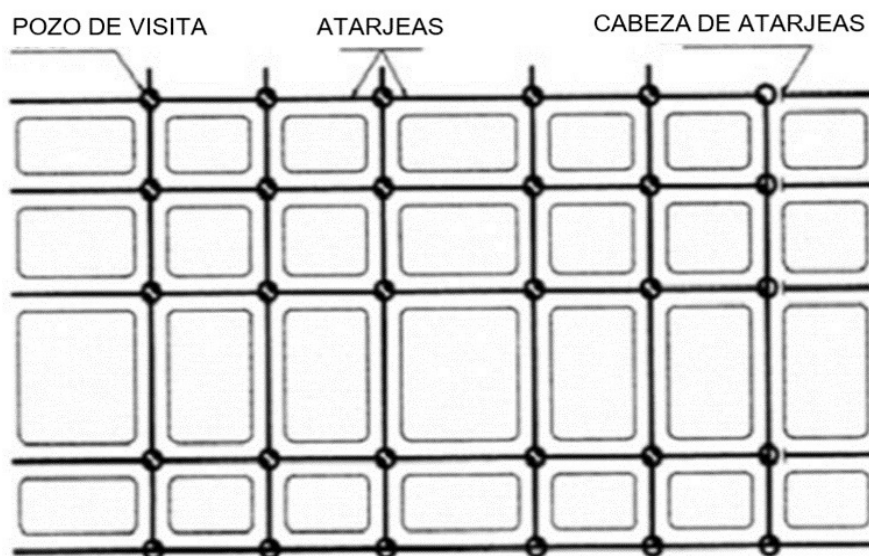
¹⁸ EMP. Guía para el Diseño Hidráulico de Redes de Alcantarillado. Medellín, 2009. Cap. 2, P. 9.

¹⁹ Comisión Nacional de Agua. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México, 2007. Cap. 1, P. 6, 7, 8, 10, 11.

c) Trazo combinado.

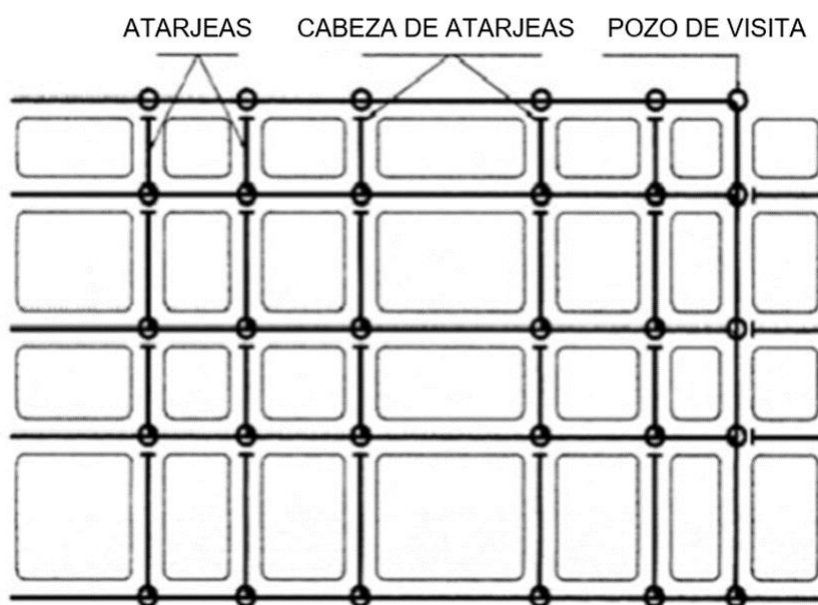
Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona (ver Figura 4).

Figura 2 Trazo de red en bayoneta



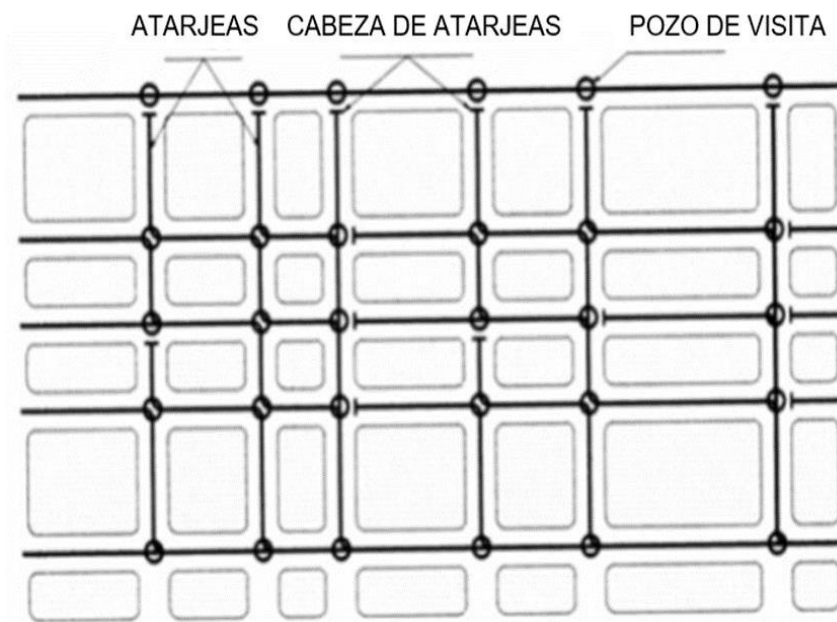
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3 Trazado de red en peine



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4 Trazado de red combinado



Fuente: Elaboración propia.

Modelos de configuración para colectores, interceptores y emisores

Para recolectar las aguas residuales de una localidad, se debe seguir un modelo de configuración para el trazo de los colectores, interceptores y emisores el cual fundamentalmente depende de:

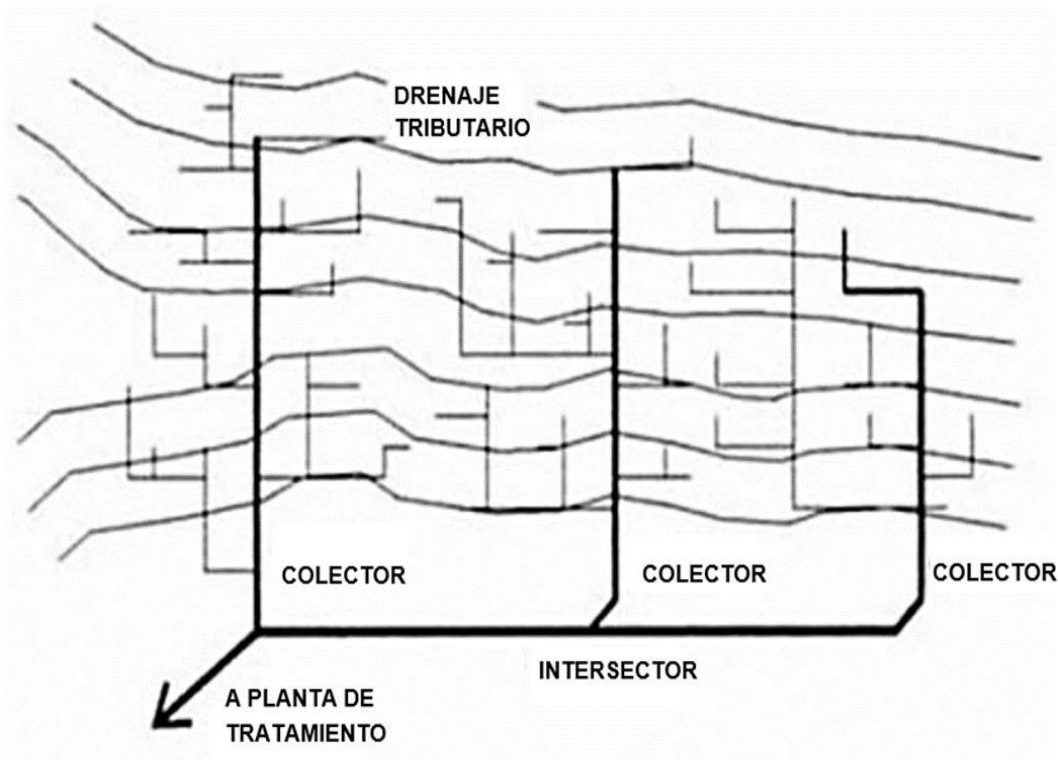
- La topografía predominante
- El trazo de las calles
- El o los sitios de vertido
- La disponibilidad de terreno para ubicar la planta o plantas de tratamiento.

En todos los casos deben de realizarse los análisis de alternativas que se requieran, tanto para definir los sitios y números de bombeos a proyectar, como el número de plantas de tratamiento y sitios de vertido, con objeto de asegurar el proyecto de la alternativa técnico-económica más adecuada, con lo cual se elaboran los planos generales y de alternativas

Modelo de interceptores

Este tipo de modelo se emplea para recolectar aguas residuales en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas, sin grandes desniveles y cuyas tuberías principales (colectores) se conectan a una tubería mayor (interceptor) que es la encargada de transportar las aguas residuales hasta un emisor o una planta de tratamiento (ver Figura 5).

Figura 5 Modelo de interceptores



Fuente: Elaboración propia.

4.8.3. Pozos de visita o cámara de inspección²⁰

Cámara visitable a través de una abertura existente en su parte superior, destinada a permitir la reunión de dos o más colectores. Además, tiene la finalidad de permitir la inspección y el mantenimiento de los colectores.

4.9. Tratamiento de aguas residuales

Un sistema de tratamiento es una secuencia de operaciones unitarias (preliminares, primarias, secundarias y terciarias) convenientemente seleccionadas con el fin de reducir los contaminantes microbiológicos, físicos y químicos presentes en el agua residual, hasta llevarlos a los límites aceptables.

Como criterio general, el sistema de tratamiento se diseñará para trabajar parcialmente en la remoción de DBO y coliformes.

4.9.1. Tratamientos preliminares²¹

Está destinado a la preparación o acondicionamiento de las aguas residuales con el objetivo específico de proteger las instalaciones, el funcionamiento de las obras de tratamiento y eliminar o reducir sensiblemente las condiciones indeseables relacionadas principalmente con la apariencia estética de las plantas de tratamiento.

²⁰ Organización Panamericana de Salud. Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillados. Lima, 2005, Cap. 1, P. 5

²¹ Ing. Ricardo Rojas. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, CEPIS/OPS-OMS, Cap. 10. P. 12.

Tabla 2 Objetivo de los procesos de tratamiento

PROCESO	OBJETIVO
Rejas o tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de sólidos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravilla
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Pre aeración	Control de olor y mejoramientos del comportamiento hidráulico

Fuente: CEPIS/OPS-OMS

4.9.2. Tratamientos primarios²²

Tiene como objetivo la remoción por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante. Es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica y que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos. Entre los tipos de tratamiento primario se citan:

- ✓ Sedimentación primaria.
- ✓ Flotación.
- ✓ Precipitación química.
- ✓ Filtros gruesos.
- ✓ Oxidación química.
- ✓ Coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

²² Ing. Ricardo Rojas. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, CEPIS/OPS-OMS. Cap. 10. P. 12.

4.9.3. Tratamientos secundarios²³

La reducción de los compuestos orgánicos presente en el agua residual, acondicionada previamente mediante tratamiento primario, se realiza exclusivamente por procesos biológicos. Este proceso reduce o convierte la materia orgánica finamente dividida y/o disuelta, en sólidos sedimentables floculentos que puedan ser separados por sedimentación en tanques de decantación. Los procesos biológicos más utilizados son los lodos activados y filtros percoladores. Son muchas las modificaciones de estos procesos que se utilizan para hacer frente a los requerimientos específicos de cada tratamiento.

Asimismo, dentro de este grupo se incluyen a las lagunas de estabilización y airadas, así como el tratamiento biológico empleando oxígeno puro y el tratamiento anaeróbico. Los tratamientos biológicos de esta categoría tienen una eficiencia remocional de la DBO entre el 85% al 95%, y están compuestos por:

a) Filtración biológica:

- Baja capacidad (filtros clásicos).
- Alta capacidad:
 - Filtros comunes.
 - Biofiltros.
 - Aero-filtros.
 - Accelo-filtros.

b) Lodos activados:

- Convencional.
- Alta capacidad.
- Contacto estabilización.
- Aeración prolongada.

²³ Ing. Ricardo Rojas. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, CEPIS/OPS-OMS, Cap. 10. P. 13.

c) Lagunas:

- Estabilización:
 - Aerobia.
 - Facultativa.
 - Maduración.
- Aerada:
 - Mezcla completa.
 - Aerada facultativa.
 - Facultativa con aeración mecánica.
 - Difusión de aire.

4.9.4. Tratamiento terciario²⁴

Tiene como objetivo complementar los procesos anteriormente indicados para lograr efluentes más puros, con menor carga contaminante y que pueda ser utilizado para diferentes usos como recarga de acuíferos, recreación, agua industrial, etc.

Las sustancias o compuestos comúnmente removidos son:

- a) Fosfatos y nitratos.
- b) Huevos y quistes de parásitos.
- c) Sustancias tenso activas.
- d) Algas.
- e) Bacterias y virus (desinfección).
- f) Radionúclidos.
- g) Sólidos totales y disueltos.
- h) Temperatura.

²⁴ Ing. Ricardo Rojas. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, CEPIS/OPS-OMS, Cap. 10. P. 14.

Los procesos de tratamiento de esta categoría están conformados por procesos físicos, químicos y biológicos.

4.10. Tanque Imhoff²⁵

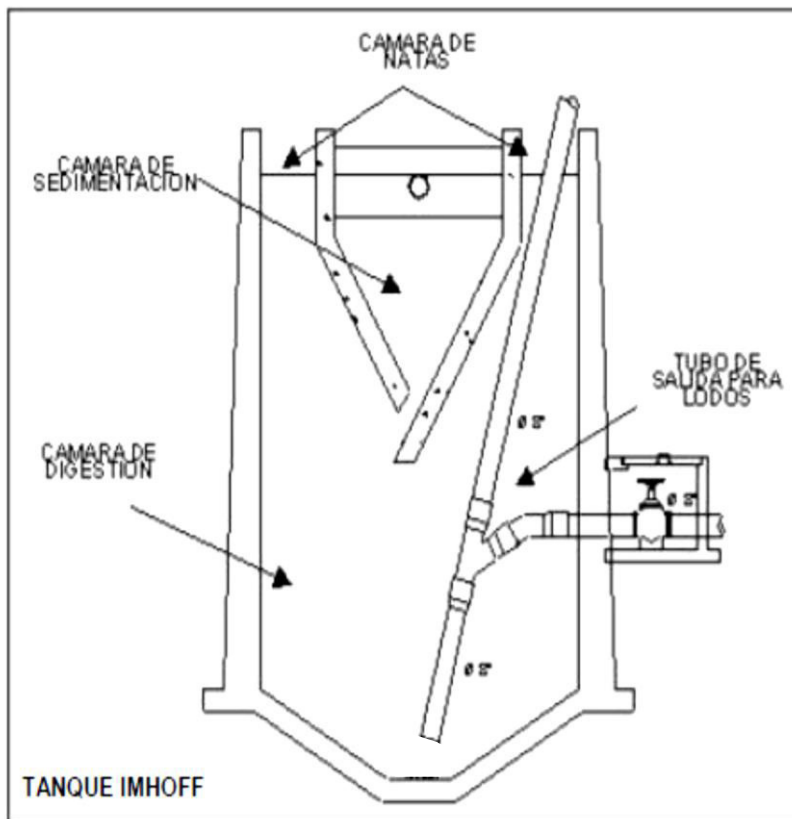
El tanque Imhoff, es un sistema de tratamiento anaerobio de dos pisos, en el que la sedimentación se produce en el compartimiento superior y la digestión de los sólidos sedimentados en el inferior.

Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena. El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

- a) Cámara de sedimentación.
- b) Cámara de digestión de lodos.
- c) Área de ventilación y acumulación de natas.

²⁵ OPS. Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. Lima, 2005. Cap. III. P. 11.

Figura 6 Estructura del tanque Imhoff



Fuente: CEPIS/OPS. Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. Lima, 2005. Cap. IV. P. 24

4.11. Biofiltro de flujo horizontal²⁶

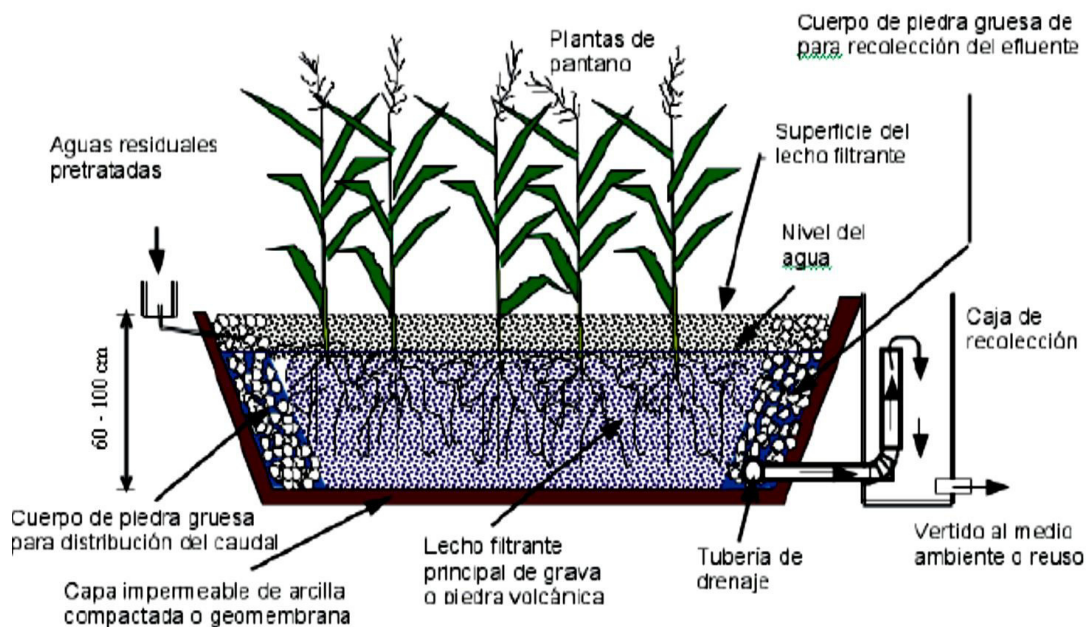
El biofiltro es un sistema que imita a los humedales (pantanos) naturales, donde las aguas residuales se depuran por procesos naturales. Los biofiltros son humedales artificiales de flujo subterráneo, diseñados para maximizar la remoción de los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales.

Un biofiltro de flujo horizontal consta de pilas rectangulares con profundidades que oscilan entre 60 y 100 cm, con un relleno de material grueso (5 a 10 cm de diámetro) en las zonas de distribución (entrada) y recolección (salida). La fracción

²⁶ Proyecto ASTEC, UNI – RUPAP. Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. Nicaragua, abril, 2006.

principal del lecho filtrante, ubicada entre las zonas de material grueso, es homogénea y más fina, normalmente de 0.5 a 15 mm de diámetro, tal como se muestra en la Figura 3:

Figura 7 Sección longitudinal de un Biofiltro de flujo horizontal



Fuente: Proyecto ASTEC, UNI – RUPAP. Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. Nicaragua, abril, 2006.

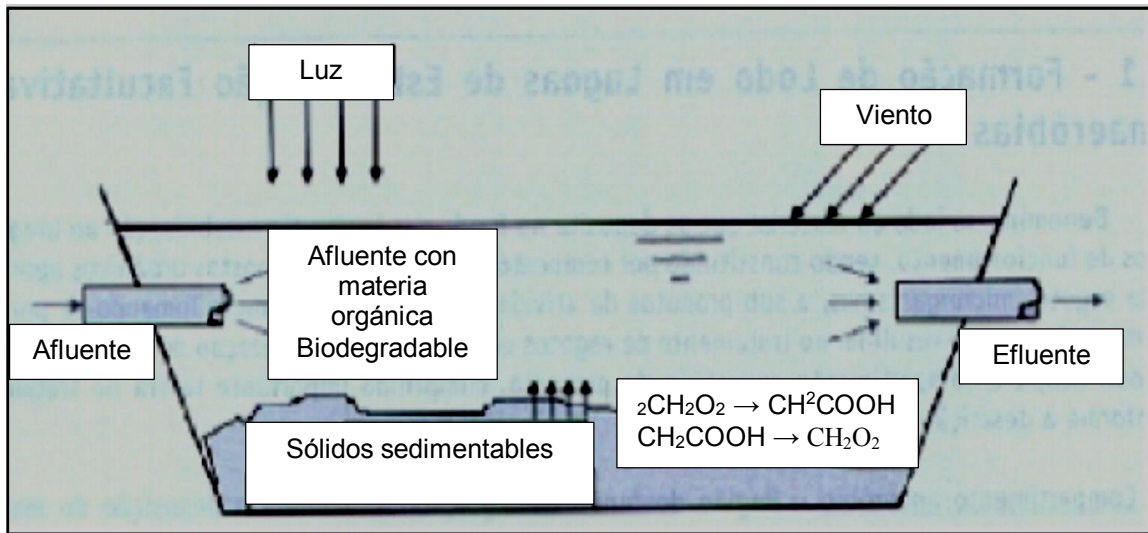
4.12. Lagunas de estabilización²⁷

El tratamiento de aguas residuales por el método de lagunas de estabilización, es el más simple que existe. Las lagunas están constituidas por excavaciones poco profundas, cercadas por taludes de tierra. Generalmente tienen forma rectangular o cuadrada.

²⁷ Instituto Nicaragüense de Acueductos y alcantarillados. Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, Cap. XI. P. 133

Los parámetros más utilizados para evaluar el comportamiento de las lagunas de estabilización de aguas residuales y la calidad de sus efluentes son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que caracteriza la carga orgánica; y el número más probable de coliformes fecales (NMP CF/100ml), que caracteriza la contaminación microbiológica. Además tienen importancia los sólidos totales sedimentables, en suspensión y disueltos.²⁸

Figura 8 Proceso de biodegradación en lagunas de estabilización



Fuente: CEPIS/OPS. Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. Lima, 2005. Cap. IV. P. 24

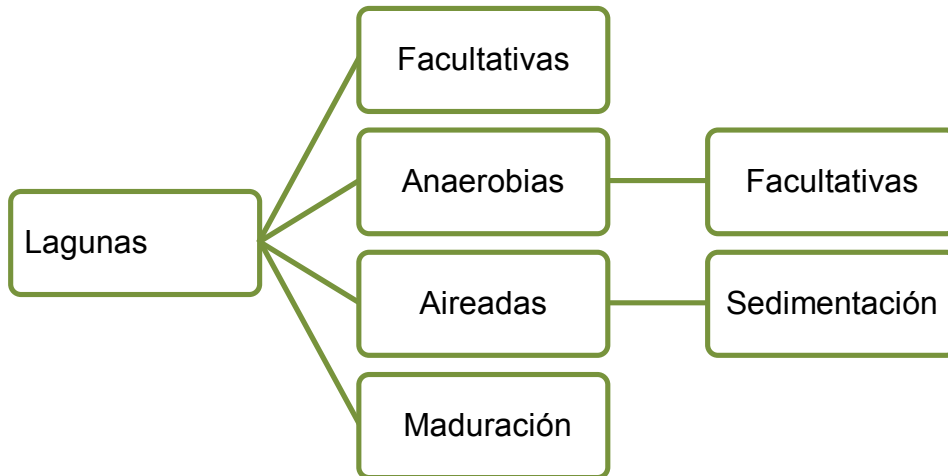
4.13. Tipos de Lagunas

Las lagunas que reciben agua residual cruda son lagunas **primarias**. Las lagunas que reciben el efluente de una primaria se llaman **secundarias**; y así sucesivamente las lagunas de estabilización se pueden llamar **terciarias**, **cuaternarias**, **quintenarias**, etc. A las lagunas de grado más allá del segundo también se les suele llamar lagunas de acabado, maduración o pulimento. Siempre se deben construir por lo menos dos lagunas primarias (en paralelo) con

²⁸ CEPIS/OPS. Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. Lima, 2005, Cap. IV. P. 23

el objeto de que una se mantenga en operación mientras se hace la limpieza de los lodos de la otra.²⁹

Figura 9 Tipos de Lagunas



Fuente: Elaboración propia.

4.14. Lagunas Facultativas³⁰

Son estanques de profundidades más reducidas (1 – 1.8m) y su contenido de oxígeno varía de acuerdo a la profundidad y hora del día. Se puede observar que el oxígeno disuelto disminuye con la exposición solar y la profundidad en un estrato de “oxidación aeróbica”. Inmediatamente debajo está localizado un estrato de degradación anaeróbica que opera en ausencia de oxígeno. El mecanismo principal de las lagunas facultativas ocurre en el estrato superior y corresponde a una simbiosis o comensalismo de bacterias aeróbicas y algas. Las bacterias heterotróficas descomponen la materia orgánica produciendo compuestos inorgánicos solubles bióxido de carbono. La cantidad de oxígeno requerida para esta degradación es suministrada por el proceso de fotosíntesis.

²⁹ CEPIS/OPS. Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. Lima, 2005, Cap. IV. P. 23.

³⁰ Fabián Yáñez, Ph. D. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN. Lima, Perú, (CEPIS), P. 6.

4.14.1. Procesos en las lagunas facultativas³¹

Las capas de la laguna facultativa (aerobia y anaerobia) no son constantes, estas interactúan entre sí, dependen de la radiación solar. Durante el día la capa aerobia es la que predomina en la laguna y durante la noche la capa anaerobia. Las algas tienen un rol sumamente importante en el proceso biológico de las lagunas de estabilización, pues son los organismos responsables de la producción de oxígeno molecular, elemento vital para las bacterias que participan en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.

La presencia de las algas en niveles adecuados, asegura el funcionamiento de la fase aerobia de las lagunas, cuando se pierde el equilibrio ecológico se corre con el riesgo de producir el predominio de la fase anaerobia, que trae como consecuencia una reducción de la eficiencia del sistema.

4.15. Factores determinantes en el tratamiento biológico

- ✓ **Temperatura:** A mayor temperatura, mayor será el crecimiento de microorganismos y viceversa.
- ✓ **PH:** A pH en un rango bajo, es decir ácido, va traer como consecuencia que los microorganismos no sobrevivan.
- ✓ **Coordinación microorganismos - materia orgánica:** Se tiene que cuidar el exceso de carga (DBO), porque originaría un mal funcionamiento de la laguna.
- ✓ **Inhibidores:** Presencia de metales pesados, sulfatos, pesticidas, etc, ocasionan un decrecimiento de bacterias.
- ✓ **Nutrientes:** Principales nutrientes son el nitrógeno y el fósforo. Cuidar que no estén en exceso porque puede producir la eutroficación.

³¹ CEPIS/OPS. Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. Lima, 2005, Cap. IV. P. 25-26.

4.16. Lagunas aerobias³²

Estas lagunas referidas también como lagunas fotosintéticas son estanques de profundidad reducida (0.3 m) y diseñadas para una máxima producción de algas. En estas lagunas se mantienen condiciones aeróbicas a todo nivel y tiempo, y la reducción de materia orgánica es efectuada por acción de organismos aeróbicos.

4.17. Aplicación de las Lagunas de estabilización³³

Si se utiliza la tecnología de lagunas de estabilización, se recomienda el uso de más de una laguna de tratamiento porque cuanto más lagunas en serie se utilizan, se tiende a un flujo pistón ideal. También es mayor la flexibilidad en la operación y el mantenimiento: las lagunas en paralelo suelen emplearse en las lagunas primarias, debido a que esta disposición permite operarlas alternadamente, desactivando una para efectuar la limpieza, sin detener el proceso. Facilita así, la remoción periódica de sólidos. También son recomendadas cuando:

- ✓ Se dispone de suficiente terreno a un bajo costo.
- ✓ El tamaño de la futura planta de tratamiento no justifica un nivel de operadores calificados.
- ✓ Si se desea obtener un líquido residual tratado con una alta calidad desde el punto de vista bacteriológico.
- ✓ Requieren muy poco o nulo suministro de energía, dado que remueven la materia orgánica a través de procesos naturales y la disponibilidad de oxígeno está vinculada a procesos naturales. Sólo se requiere energía para bombear el líquido residual a la primera laguna.
- ✓ Operación sencilla, no necesitan personal especializado. Sólo actividades de mantenimiento y limpieza: eliminar material acumulado y flotante.

³² Fabián Yáñez, Ph. D. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN. Lima, Perú, (CEPIS), P. 5

³³ Sitio web: <http://www.guiambiental.com.ar/>

- ✓ Generan muy poco barro en exceso, por ello no requieren sistemas de tratamiento de lodos.
- ✓ Debido a los extensos tiempos de tratamiento, son muy buenos sistemas de ecualización.
- ✓ No hay mezcla suficiente, los sólidos sedimentables son removidos por decantación.
- ✓ Remueven eficientemente microorganismos patógenos, por lo que, son consideradas la mejor tecnología para obtener agua para riego.

4.18. Estudio de impacto ambiental³⁴

Se define como el proceso sistemático de estudio y evaluación multidisciplinaria, para identificar, predecir, manejar, evaluar e informar los efectos sobre el medio ambiente de una obra o proyecto, que incluye una información detallada sobre el sistema de monitoreo y las medidas que deben ser consideradas para evitar o disminuir al mínimo los efectos negativos o realzar los positivos según proceda.

4.18.1. Línea base ambiental³⁵

La línea base tiene el propósito de captar y analizar toda la información necesaria del medio antes que se ejecuten las acciones que conlleva un proyecto, para poder prever las alteraciones que se pueden producir en el medio físico, biológico y social, además de constituir una fuente de datos que permite evaluar, una vez que se ha realizado la obra, la magnitud de aquellas alteraciones que son difíciles de cuantificar, pudiéndose aplicar medidas correctoras con posterioridad según los resultados que se vayan obteniendo.

³⁴ MSc. Arq. Benjamín Rosales Rivera. CURSO EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. UNIDIRECCIÓN DE POSGRADOS. Managua, Nicaragua, Abril del 2007, Cap. I. P. 8.

³⁵ MSc. Arq. Benjamín Rosales Rivera. CURSO EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. UNIDIRECCIÓN DE POSGRADOS. Managua, Nicaragua, Abril del 2007, Cap. V. P. 66.

4.18.2. Matriz de Leopold³⁶

Data de los años 70 y consiste en una lista horizontal de actividades de un proyecto contra la vertical que es una lista de factores ambientales. Es, pues, una matriz de interacción.

La matriz de impactos ambientales proporciona un inventario y una presentación conveniente de estos efectos.

1. Identificar todas las acciones (ubicadas a lo ancho de la parte superior de la matriz) que son parte del proyecto propuesto. Hacer una lista de las características o condiciones ambientales pertinentes en la columna lateral de la matriz.
2. Bajo cada acción propuesta realizar una lista de todas las consecuencias que trae consigo cada etapa o parte del proyecto.
3. Redactar para cada celda una pequeña descripción de los efectos que causa cada acción del proyecto a los componentes ambientales evaluados.

Después de todo lo expuesto, cabe señalar que el objetivo principal de un EsIA es conciliar las consideraciones ambientales y socioeconómicas con respecto a los proyectos y otras acciones propuestas.

³⁶ MSc. Arq. Benjamín Rosales Rivera. CURSO EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. UNIDIRECCIÓN DE POSGRADOS. Managua, Nicaragua, Abril del 2007, Cap. III. P. 37.

4.18.3. Matrices causa – efecto³⁷

Las matrices de causa-efecto consisten en el cruce de un listado de acciones humanas con otro de indicadores de impacto ambiental, los que son relacionados en un diagrama matricial. No se trata de matrices matemáticas, por supuesto. Las matrices son muy útiles cuando se desea identificar el origen de ciertos impactos, pero tienen limitaciones cuando se trata de establecer interacciones entre varios efectos, definir impactos secundarios o terciarios, y cuando se intenta realizar consideraciones temporales o espaciales.

La evaluación cualitativa de los impactos ambientales de los proyectos de desarrollo se puede desarrollar a partir del uso de matrices causa- efecto como lo ha propuesto Vicente Conesa, (1995). Esta matriz consistirá en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figurarán las acciones impactantes, y dispuestos en filas los factores medioambientales susceptibles de recibir impactos.

4.18.4. Evaluación de Impacto ambiental

Se llama Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) al procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

³⁷ MSc. Arq. Benjamín Rosales Rivera. CURSO EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. UNI-DIRECCIÓN DE POSGRADOS. Managua, Nicaragua, Abril del 2007, Cap. III. P. 38.

CAPITULO V - DISEÑO METODOLÓGICO

El desarrollo de éste trabajo implica una investigación de tipo aplicada, es decir, se aplicarán los conocimientos básicos de ingeniería en la caracterización de las condiciones higiénico – sanitarias y socio – económicas de la población. Así como conocimientos específicos sobre tecnologías y técnicas, siguiendo los métodos, criterios y especificaciones que establece: El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA).

5.1. Recopilación de la información

Se solicitó información a las siguientes instituciones: MINSA, Alcaldía de Pueblo Nuevo, ENACAL, MARENA, INIDE quienes facilitaron la misma y que sirvió de base para conocer y estimar la población de diseño y las condiciones higiénico – sanitarias y socio – económicas de la población de la localidad.

Se realizó reconocimiento sanitario del casco urbano e inspección en la cuenca hidrográfica del río de Pueblo Nuevo ubicado al sur de la ciudad, que es el cuerpo receptor más cercano para recibir las descargas de aguas residuales, recopilándose información importante del mismo.

5.2. Estudio de población

El presente estudio fue realizado mediante la aplicación de un censo de población y vivienda, seguido de una encuesta socio – económico en los barrios: Camilo Castellón, Byron Jiménez y Saúl Tercero, siendo estos los barrios principales que conforman el casco urbano, ya que existen asentamientos ubicados en la zona Oeste y Este de la localidad.

En dicha encuesta se efectuaron preguntas tendientes a obtener la información básica para el diseño del sistema de recolección de aguas residuales y planta de

tratamiento, tales como número de habitantes por vivienda, existencia de servicio de agua potable, forma de disposición de las excretas, y otros servicios, también se consultó sobre la capacidad de pago, incidencia de las principales enfermedades que los afectan, etc.

La aplicación de la encuesta fue efectuada por 4 personas, en un periodo de 9 días, comprendidos del 15 al 20 de marzo del presente año.

El siguiente paso metodológico fue analizar el material de la encuesta a fin de obtener la mejor información posible: cantidad de habitantes por casas encuestadas, clasificación de la población por género, nivel de escolaridad, datos ocupacionales, servicios básicos, situación de la vivienda, disposición de la basura, excretas y agua servidas, datos epidemiológicos y opinión de la población acerca del proyecto.

(Ver informe de estudio socioeconómico en capítulo VI, presentación de los resultados, P.93)

5.2.1. Proyección de la población

Siguiendo las normas de (INAA) se estipuló un periodo de diseño de 20 años, evaluando la vida útil de cada uno de los tipos de materiales que conforman el sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento. (Ver Tabla 23, Anexo I).

Una vez obtenido el horizonte del proyecto se procedió a la estimación de la población para un periodo de 20 años utilizando el método geométrico y los datos de población de Pueblo Nuevo, de los censos realizados en el país por el Instituto Nicaragüense de Información de Desarrollo (INIDE) en los años 1995 y 2005. (Ver estudio de la población, capítulo VI – presentación de los resultados, P. 89)

$$Pf = P_0[1 + i]^n$$

Dónde:

Pf: Población futura

Po: Población inicial

i: Tasa de crecimiento

n: Número de años.

Para determinar la tasa de crecimiento geométrico a emplear se despeja la fórmula del crecimiento geométrico, resultando la ecuación de la siguiente manera:

$$i = \left(\frac{Pf}{Po} \right)^{1/n} - 1$$

Dónde:

Pf: Población futura

Po: Población inicial.

I: Tasa de crecimiento

n: Número de años.

INAA recomienda usar las siguientes tasas en base al crecimiento histórico.

- 1) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano mayor de 4%.
- 2) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano menor del 2.5%.
- 3) Si el promedio de la proyección de población por los dos métodos adoptados presenta una tasa de crecimiento:
 - a) Mayor del 4%, la población se proyectará en base al 4%, de crecimiento anual.
 - b) Menor del 2.5%, la proyección final se hará basada en una tasa de crecimiento del 2.5%.

- c) No menor del 2.5%, ni mayor del 4%, la proyección final se hará basada en el promedio obtenido.

5.3. Clasificación y caracterización del Agua Residual

Para la clasificación del agua residual de la localidad en estudio, se hizo una inspección al momento de aplicar la encuesta socioeconómica casa a casa, para así determinar la procedencia del agua que es desechada, según las actividades que se desarrollan: domésticas, comerciales, recreativas, industriales.

Para la caracterización del agua residual se retomó el estudio de laboratorio hecho a una muestra de agua residual del área urbana del municipio de Pueblo Nuevo en el año 1999, ejecutado por ENACAL. (Ver Anexo IX, Tabla 55).

5.4. Cálculo de caudales de aguas residuales

El gasto de aguas residuales está en función del consumo y la dotación de agua potable, es decir que es el agua potable utilizada para el desarrollo de las actividades humanas (domésticas, comerciales, institucionales). El caudal de diseño es el resultado de la suma de todos estos gastos más un aporte de infiltración.

Según las Normas Técnicas del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), se tomó como dotación de consumo 105 L/Hab/día, para poblaciones de 5000 a 10000 habitantes. (Ver Tabla 21, Anexo I)

Estos gastos, que deberán ser evacuados por la red hacia la planta se obtuvieron asignando la población a servir por cada tramo. A partir de esta población se calcularon los respectivos caudales.

5.3.1. Caudal de aguas residuales domésticas (Q_m)

$$Q_m = P * D * 0.80 * \left(\frac{1}{86,400} \right) \dots [lps]$$

Dónde: D: Dotación de agua potable, en litros por persona por día.
P: Número de habitantes

5.3.2. Caudal máximo (Q_{max})

$$Q_{max} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} * Q_m$$

Dónde: Q_{max}: Gasto máximo de aguas residuales.
P: Población en miles de habitantes.
Q_m: Gasto promedio de aguas residuales.

El factor de Harmon deberá tener un valor no menor de 1.80 ni mayor de 3.00.

5.3.3. Caudal mínimo (Q_{min})

$$Q_{min} = \frac{1}{5} Q_m$$

El caudal mínimo representa el 20% del consumo doméstico.

5.3.4. Caudal de Infiltración (Q_{inf})

El caudal de infiltración se calculó de acuerdo a lo especificado en las normas técnicas del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), para tuberías plásticas es de: 2 lt/hora/100m de tubería y por cada 25 mm de diámetro.

A manera de fórmula:

Para tuberías de 150 mm de diámetro

$$Q_{inf} = \left(\frac{12 * Longitud\ del\ tramo}{100} \right) \div 3600 \dots lps$$

Para tuberías de 200 mm de diámetro

$$Q_{inf} = \left(\frac{16 * Longitud\ del\ tramo}{100} \right) \div 3600 \dots lps$$

5.3.5. Caudal comercial, Institucional o público (Qcom, Qinst o Qpub)

$$Q_{com} = P * D * 0.07 * \left(\frac{1}{86,400} \right) \dots [lps]$$

Se usa el 7% de la dotación doméstica diaria, ver Tabla 22, ANEXO I

5.3.6. Caudal de diseño (Qd)

$$Q_d = Q_{max} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{inst}$$

Donde:

Q_d : Caudal de diseño

Q_{max} : Caudal máximo

Q_{inf} : Caudal de Infiltración

Q_{com} : Caudal comercial

Q_{inst} : Caudal institucional y público

5.5. Levantamiento Topográfico

Se realizó un levantamiento planí – altimétrico con estación total, del casco urbano de la localidad y del sitio propuesto para la planta de tratamiento.

Habiendo finalizado el levantamiento planí – altimétrico se procedió a importar los puntos en formato (PENZD) al software AutoCAD Civil 3D 2015, se unieron para formar las calles, avenidas con sus diferentes intercesiones, obteniendo un mapa con sus respectivas curvas de nivel de las calles y avenidas de la localidad donde se dispondría la red.

5.6. Red de alcantarillado sanitario

La red se trazó paralela a la pendiente del terreno natural, configuración de tipo interceptores, apoyándonos en el plano obtenido del levantamiento plani-altimétrico. Todas las tuberías se diseñaron para que pasen por la calle a una profundidad mínima de 1.65 mts.

Con ayuda del software AutoCAD Civil 3D 2015, se obtuvieron las elevaciones del terreno (cota de tapa). Las profundidades de invert se determinaron sumando la profundidad a la que estaría la tubería más el diámetro. Las profundidades de los pozos de visita se obtuvieron restando la elevación de tapa menos la elevación del invert de la tubería de salida. (Ver ANEXO II, Memoria de cálculo red de alcantarillado, Tabla 28 cálculos topográficos).

5.5.1. Ubicación y colocación de las alcantarillas³⁸

En las vías de circulación dirigidas de Este a Oeste, las tuberías se deberán ubicar al Norte de la línea central de la vía. En las vías de circulación dirigidas de Norte a Sur, las tuberías se deberán ubicar al Oeste de la línea central de la vía”.

En caso de pistas de gran anchura se deberán colocar dos líneas, una en cada banda de la pista. Las alcantarillas deberán colocarse debajo de las tuberías de agua potable y con una separación mínima horizontal de 1.50 m.

Para la colocación de las alcantarillas se harán uso de las especificaciones técnicas OPS/CEPIS/05.165, UNATSABAR, donde se plasman las medidas de seguridad y las normas constructivas que se deben llevar a cabo al momento de la ejecución de este proyecto de alcantarillado sanitario.

5.5.2. Pozos de visita (PVS)

Se deberán ubicar pozos de visita (PVS) o cámaras de inspección, en todo cambio de alineación horizontal o vertical, en todo cambio de diámetro; en las intersecciones de dos o más alcantarillas y a una separación máxima de 150 mts, como lo estipula INAA. Seguido se le asignó un número correspondiente a cada pozo de visita y cada tramo de tubería.

Serán pozos de entrada concéntrica con 120 mts de diámetro, “construido totalmente de concreto, o con el cuerpo de ladrillo cuarterón apoyado sobre una plataforma de concreto. En el caso que el cuerpo sea de ladrillo éste deberá

³⁸ Instituto Nicaragüense de Acueductos y alcantarillados. Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, Cap. V, P.14

repellarse con mortero interna y externamente para evitar la infiltración en ambos sentidos”.³⁹

Para Pozos de visita mayor a 3.70 mts, se utilizará mampostería de ladrillo de barro con un espesor de 20 cm y muro adicional de refuerzo con una altura de 1 metro ubicado en la parte inferior para contrarrestar la fuerza empuje del terreno.

Este estará cimentado sobre una base de concreto de 20 cm de espesor con una resistencia de 175 kg/cm² y un refuerzo estructural № 4 a cada 20 cm en ambas direcciones. (Ver Anexo III, Detalle estructural de PVS).

5.5.3. Pozos de visita con caída⁴⁰

Se deberán usar pozos de visita con caída cuando la altura entre el fondo del pozo de visita y el fondo de la tubería de entrada sea mayor de 0.60 m. (Ver Anexo III, Detalle de PVS con caída).

5.7. Estudio geotécnico

Se efectuó un sondeo en el sitio propuesto para la construcción de la planta de tratamiento, y así determinar las características del suelo: tipo de suelo, granulometría, módulo de elasticidad, valor de soporte, límites de Atterberg, ángulo de fricción interna, cohesión y peso específico.

Dicho estudio consistió en un sondeo manual de exploración de 1 m de ancho por 1 m de largo y 1.5 m de profundidad (pozo a cielo abierto) para el registro y la recogida de las muestras del terreno.

³⁹ Instituto Nicaragüense de Acueductos y alcantarillados. Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, Cap. VI, P.27

⁴⁰ Instituto Nicaragüense de Acueductos y alcantarillados. Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, Cap. VI, P.28

Luego de la extracción se llevaron las muestras de suelos al laboratorio del Universidad Nacional de Ingeniería UNI – RUACS, Estelí. Donde se efectuaron las pruebas con la supervisión de la Ing. María José Gutiérrez responsable del laboratorio de suelo en esta sede. Realizando los siguientes cálculos:

5.6.1. Granulometría

Para determinar el tamaño de los granos de los suelos se conocen dos métodos: por vía seca y por vía húmeda, el método de la vía seca o método mecánico, consiste en cribar el suelo por medio de los tamices calibrados, llegando hasta la malla N°200, la muestra de suelo se hace pasar sucesivamente a través del juego de tamices, los pesos retenidos en cada malla se pesa, obteniendo así el porcentaje en peso con respecto a la muestra total.

Al extraer las muestras en el sitio se pudo observar que en su totalidad son partículas finas. El estudio granulométrico no fue realizado, ya que el laboratorio no contaba con el equipo necesario.

5.6.2. Módulo de Elasticidad

El módulo de elasticidad del suelo, también se conoce como módulo del suelo o el módulo de Young, es una característica del suelo que mide cuánto se puede estirar o exprimir y se debe tomar en cuenta, sobre todo en proyectos de construcción e ingeniería. Varios factores influyen en módulos de suelo y diferentes tipos de suelo presentan diferentes módulos.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

5.6.3. Valor de soporte

La capacidad de soporte es una de las propiedades más importantes de los suelos. Su comportamiento, al estar sometido a tensiones es bastante más complejo que el de otros materiales. Las deformaciones que experimenta no sólo dependen del “tipo de suelo” que se trate, sino también del estado en que se encuentre éste en cuanto a su contenido de humedad, grado de compacidad, estructura interna.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte.

$$VRS = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{1360} * 100(\%)$$

5.6.4. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg permiten conocer o identificar de forma sencilla de algunas de las propiedades de los suelos, además se pueden encontrar en diferentes estados; líquido, plástico, semi - sólido y sólido.

Los límites de Atterberg se pueden definir como:

Límite Líquido: El Límite Líquido LL es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado líquido. En este estado la mezcla se comporta como un fluido viscoso y fluye bajo su propio peso. Por debajo de éste contenido de humedad la mezcla se encuentra en estado plástico. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LL produce un cambio en el volumen del suelo.

Fórmula:

$$LL = \%W(N/25)^{0,121}$$

Donde:

LL: Límite líquido

%W: Contenido de humedad natural

N: Número de golpes

Límite Plástico: El Límite Plástico LP es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado plástico. En este estado la mezcla se deforma a cualquier forma bajo ligera presión. Por debajo de éste contenido de humedad la mezcla está en un estado semi-sólido. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LP produce un cambio en el volumen del suelo.

Fórmula:

$$Lp = \frac{\%W_1 * \%W_2}{2}$$

Índice de Plasticidad: Atterberg definió el índice de plasticidad para describir el rango de contenido de humedad natural sobre el cual el suelo era plástico. El índice de plasticidad IP, es igual a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad es útil en la clasificación ingenieril de suelos de grano fino y muchas propiedades de ingeniería se han correlacionado de forma empírica con este.

5.6.5. Ángulo de fricción interna

Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad.

La fricción interna de un suelo, está definida por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento, a lo largo de un plano, y la fuerza normal "p" aplicada a dicho plano. Los valores de este ángulo llamada "ángulo de fricción interna" ϕ , varían de prácticamente 0° para arcillas plásticas, cuya consistencia este próxima a su límite líquido, hasta 45° o más, para gravas y arenas secas, compactas y de partículas angulares. Generalmente, el ángulo ϕ para arenas es alrededor de 30° . El ángulo de fricción interna se obtiene únicamente de ensayos de corte directo y triaxial.

$$\tan \phi = \frac{3b}{3 + b}$$

5.6.6. Cohesión

Se define como la atracción relativa entre partículas similares la que da tenacidad y dureza a un suelo haciéndolo resistente a su separación. Las partículas minerales con carga de distinto signo, se atraen entre sí con tenacidad proporcional a dichas cargas a sus masas. Esta propiedad física de atracción, es de importancia en la dinámica del suelo por que origina la tenacidad como forma de resistencia a la separación de sus elementos o a la penetración de las herramientas de corte.

La capacidad de resistencia del suelo al corte, se modifica según sus características, el grado de humedad y la consolidación.

$$c = \frac{a(3 - \tan \phi)}{(3 \cos \phi)}$$

5.6.7. Peso específico

Se le llama peso específico a la relación entre el peso de una sustancia y su volumen.

$$\gamma = \frac{mg}{V}$$

Donde:

γ : Peso específico

m : Masa de la sustancia

g : Aceleración de la gravedad

V : Volumen

(Ver Capítulo VI- Presentación de los resultados, estudio geotécnico, P.103)

5.8. Hidráulica de Alcantarillas

El cálculo hidráulico de las alcantarillas se hizo en base al criterio de la tensión de arrastre y a la fórmula de Manning.

Fórmula de Manning

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

$n = 0.009$ de rugosidad para tuberías de PVC

R = Radio hidráulico, m

S = Pendiente de la tubería, m/m

V = Velocidad de flujo, m/s




Una vez determinados los caudales para cada tramo de tubería, se procedió a calcular las condiciones en que debería trabajar la red, para su buen funcionamiento.

El análisis hidráulico se inició con la determinación de los caudales de diseño por tramo de tubería, una vez obtenidos los caudales se determinaron los diámetros de las tuberías y velocidades con que se trabajó en cada zona de drenaje.

El cálculo hidráulico de las alcantarillas se hizo en base al criterio de la tensión de arrastre y a la fórmula de Manning, empleando un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.009 para los tramos de PVC.

Para la revisión de las condiciones hidráulicas de las tuberías se utilizó el software Microsoft Excel colocando condiciones que sobresalieran si los valores obtenidos no estaban en los rangos que establece INAA para la velocidad, tirante de aguas y fuerza tractiva. Como se muestra en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3 Revisión de los criterios de diseño

Revisión	Cumple esta entre el rango	No cumple no está entre el rango	Está por debajo del rango.
Velocidad $0.6 < V < 2$			
Relación de tirante $20 < D < 80$			
Fuerza tractiva $f_{min} = 1Pa$			

Fuente: Elaboración propia.

5.7.1. Criterio de velocidad⁴¹

La práctica normal es proyectar el alcantarillado con una pendiente que asegure una velocidad mínima de 0,60 m/s, cuando el flujo de diseño se produce a sección llena (75% del diámetro de la tubería) o semillena (50% del diámetros de la tubería). En el primer caso, cuando el tirante sea menor al máximo (75% D), las velocidades serán menores de 0,60 m/s. En el segundo caso, cuando el tirante es menor a la mitad del diámetro de la tubería, la velocidad será menor de 0,60 m/s,

⁴¹ Organización Panamericana de la Salud. Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillados. Lima, 2005, Cap. 7, P. 28.

mientras que para tirantes mayores a la mitad del diámetro, la velocidad estará ligeramente superior de 0,60 m/s. Se tomara como criterio: $0.6 \text{ m/s} < V < 2 \text{ m/s}$.

5.7.2. Tirante de aguas

Las relaciones de tirante a tubo lleno y tirante a tubo parcialmente lleno (h/D) se obtiene a través de los valores tabulados de las fórmulas de Thormann y Franke que relacionan los caudales, velocidades y alturas de secciones llena y parcialmente llena.

Se recomienda mantener el nivel de las aguas en las alcantarillas en el siguiente rango: $0.2 D < h/D < 0.8D$.

5.7.3. Diámetro Mínimo

El diámetro mínimo para tuberías de aguas residuales establecido por INAA es de 150 mm.

El diámetro calculado se obtuvo por medio de un despeje en la fórmula de Manning, y luego fue propuesto un diámetro comercial que pudiera evacuar el caudal de aguas residuales que pasará por la tubería, considerando el diámetro obtenido mediante la aplicación de la fórmula. Están reflejadas en las tablas de la hoja de cálculo en Excel.

$$D = 1.548 * \left[\frac{n * Q}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$$

n: 0.009PVC

Q: Caudal de diseño, m³/s

S: Pendiente de la tubería, m/m

5.7.4. Área Mojada a tubo lleno

Se calculó aplicando la fórmula del área de una circunferencial

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

π : constante PI, 3.1416

D: Diámetro de la tubería, mts

5.7.5. Radio hidráulico (RH)

$$RH = \frac{D}{4}$$

RH: Radio hidráulico, mts

D: Diámetro de la tubería, mts

5.7.6. Perímetro mojado (P)

$$P = \frac{A}{RH}$$

P: Perímetro mojado, mts

RH: Radio hidráulico, mts

A: Área de la tubería, mts

5.7.7. Gasto o caudal (QII)

$$Q_u = \frac{0.312}{n} * D^{8/3} * S^{1/2}$$

QII: Caudal a tubo lleno, m³/s

n: 0.009 PVC

D: Diámetro de la tubería, mts

S: Pendiente de la tubería, m/m

Criterio de tirante: $0.2 D < h/D < 0.8 D$.

Las relaciones de caudal a tubo lleno y caudal a tubo parcialmente lleno (QII/Q) se obtuvieron a través de las comparaciones con las tablas de tabulación de las fórmulas de Thormann y Franke que relacionan los caudales, velocidades y alturas de llenado a secciones llena y parcialmente llena.

5.7.8. Velocidad de circulación a tubo lleno (VII)

$$V_{II} = \frac{0.397}{n} * D^{2/3} * S^{1/2}$$

QII: Velocidad a tubo lleno, m/s

n: 0.009 PVC

D: Diámetro de la tubería, mts

S: Pendiente de la tubería, m/m

Criterio de velocidad: $0.6 \text{ m/s} < V < 2 \text{ m/s}$.

Las relaciones de velocidad a tubo lleno y velocidad a tubo parcialmente lleno (VII/V) se obtuvieron a través de las comparaciones con las tablas de tabulación de las fórmulas de Thormann y Franke que relacionan los, caudales, velocidades y alturas de llenado a secciones llena y parcialmente llena.

5.7.9. Pendiente longitudinal mínima (S)

La pendiente longitudinal mínima deberá ser aquella que produzca una velocidad de auto lavado, la cual se podrá determinar aplicando el criterio de la Tensión de Arrastre, según la siguiente ecuación:

$$f = W * R * S$$

En la cual:

f: Tensión de arrastre en Pa

W: Peso específico del líquido en N/m³

R: Radio hidráulico a gasto mínimo en m

S: Pendiente mínima en m/m

Se recomienda un valor mínimo de: $f = 1 \text{ Pa}$

5.7.10. Relación de Tirante (h/D)

Las relaciones de tirante a tubo lleno y tirante a tubo parcialmente lleno (d/D) se obtuvieron a través de las comparaciones con las tablas de tabulación de las fórmulas de Thormann y Franke que relacionan los caudales, velocidades y alturas de llenado a secciones llena y parcialmente llena.

La profundidad (Y) Calculada sería: Las relaciones de profundidad a tubo lleno y profundidad a tubo parcialmente lleno (h/D) multiplicado por el diámetro del tubo.

5.9. Sistema de tratamiento de aguas residuales

Basados en las características socioeconómicas, características de las aguas residuales de la localidad, facilidad de operación, mantenimiento, costos de construcción, operación y manteamiento, se diseñaron dos alternativas de tratamiento:

Tabla 4 Alternativas de tratamiento

Alternativas	Sistemas de Tratamiento Propuestos
1	Tanque Imhoff + Biofiltro.
2	Laguna Facultativa Primaria + Laguna Aerobia Secundaria.

Fuente: Elaboración propia.

Los sistemas de tratamiento desarrollados en este trabajo (Alternativa 1 y Alternativa 2) se diseñaron tendientes a cumplir con los requerimientos de construcción, funcionalidad, sostenibilidad de tal manera que los efluentes del tratamiento cumplieran con la norma nacional de vertido de aguas residuales (DECRETO 33-95).

Metodología de cálculo de los sistemas de tratamiento

5.8.1. Tratamiento preliminar

Como tratamiento preliminar se diseñó un canal de entrada, una reja de barras de limpieza manual, un desarenador de flujo horizontal doble en paralelo y un canal medidor de caudal Parshall; este tiene el objetivo de conducir y acondicionar las aguas a los procesos de tratamiento posteriores.

5.8.2. Estructuras de pre tratamiento

A la entrada del sistema, se construirá un canal distribuidor que permitirá la adecuada transición de las aguas hacia los sistemas de pre-tratamiento.

Canal de entrada y rejas

La altura máxima y media de agua en el canal y la reja se calcularon despejando la igualdad de las siguientes ecuaciones respectivamente:

$$Q_d * \frac{n}{\sqrt{S}} = h_{max} * b \left[\frac{h_{max} * B}{b + 2h_{max}} \right]^{2/3}$$

$$Q_m * \frac{n}{\sqrt{S}} = h_m * b \left[\frac{h_m * B}{b + 2h_m} \right]^{2/3}$$

Donde:

h_{max}: profundidad máxima

h_m: profundidad mínima

Q: caudal de diseño

Q_m: caudal medio

n: 0.013 coeficiente de rugosidad para estructuras de concreto

S: pendiente del canal

B: ancho del canal

✓ Velocidad máxima y media del canal antes de llegar a las rejillas

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{Q_d}{B * H_{m\acute{a}x}} \quad V_m = \frac{Q_d}{B * H_m}$$

✓ Velocidad de paso

Por su gran importancia, la velocidad de aproximación deberá ser de 0.40 m/s a caudal promedio. Se tomará como velocidad normal 0.90 m/seg.

$$V_p = \frac{Q_d}{A_u}$$

Donde:

Q_d: Caudal de diseño (m³/s)

A_u: Area útil

✓ Eficiencia

Se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$E = \frac{a}{a + t}$$

Donde:

a: Separación entre rejas

t: Espesor de las rejas

✓ Área útil

El área libre o de escurrimiento entre barras se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$A_u = \frac{Qd}{V_{max}}$$

Donde:

A_u: área útil efectiva (m²)

Qd: Caudal de diseño (m³/s)

V_{max}: Velocidad máxima (m/seg)

✓ Área total de la reja

Esta área incluye tanto las barras como los espacios libres entre ellas, y se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$A_t = \frac{A_u}{E}$$

Donde:

A_t: área total de la rejilla (m²)

A_u: área útil efectiva (m²)

E: Eficiencia de la rejilla adimensional

✓ Verificación del ancho de la reja

Para la verificación del ancho de la reja, se utilizó la siguiente ecuación:

$$b = \frac{A_t}{H_{\text{máx}}}$$

Donde:

b: ancho de la rejilla (m)

A_t: área total de la rejilla (m²)

H_{máx}: Altura máxima de agua antes de la reja (m)

Verificación de la velocidad media:

✓ Área total por velocidad media

$$A'_t = b * H_{\text{med}}$$

Donde:

A'_t: Área total por velocidad media (m²)

b: ancho de la rejilla (m)

H_{med}: Altura media de agua antes de la reja (m)

✓ Área útil por velocidad media

$$A'_u = A'_t * E$$

Donde:

A'_u: Área útil por velocidad media (m²)

A'_t: Área total por velocidad media (m²)

E: Eficiencia de la rejilla adimensional

✓ Velocidad media

$$V'_m = \frac{Qm}{A'_u}$$

Donde:

V'_m: Velocidad media (m/seg)

Qm: Caudal medio (m³/seg)

A'_u: Área útil por velocidad media (m²)

Pérdidas de carga por Kirschmer en rejillas limpias

Las pérdidas de carga se calcularon haciendo uso de la fórmula de Kirschmer, dichas pérdidas se verificaron tanto para barras limpias como para barras sucias con una obstrucción del 50 - 75%.

✓ Pérdida de carga en rejillas limpias:

$$h_f = \beta * \left(\frac{t}{a}\right)^{4/3} * \sin \theta * \frac{Vm^2}{2g}$$

Donde:

β: Factor de formas

a: abertura entre barras (m)

t: espesor de las barras (m)

θ: ángulo de inclinación de las rejillas

Vm²: velocidad media de agua antes de la reja (m/seg)

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/seg²)

- ✓ Pérdida de carga en rejas (parcialmente obstruida):

$$h_{fo} = \left(\frac{E}{E_o} \right)^2 * H_f$$

Donde:

h_{fo} : Pérdida de carga en rejas parcialmente obstruida

E : Eficiencia de la rejilla adimensional con barras limpias

E_o : Eficiencia de la rejilla con 75% de obstrucción ($E_o = 0.75E$)

h_f : Pérdida de carga en rejas limpias (m)

- ✓ Altura del canal

Para calcular la altura total del canal en la rejilla se utilizó la siguiente fórmula:

$$H_{canal} = H_{max} + h_{fo} + BL$$

Donde:

H_{max} : Altura máxima del agua antes de la reja (m)

h_{fo} : Pérdida de carga en rejas (parcialmente obstruida al 75%)(m)

BL : Borde libre (m)

Desarenador

- ✓ Velocidad del flujo (V)

La velocidad fue asumida de 0.30 m/s al proporcionar transporte de materia orgánica y sedimentación de partículas mayores de 0.20 mm de diámetro a través de las cámaras.

- ✓ Diámetro de partículas

Mayores de 0.20 mm con una velocidad de sedimentación de 0.021 m/s, valor utilizado según el cuadro de velocidades de sedimentación de partículas de la OPS/CEPIS. (Obsérvese Tabla 24, Anexo I).

- ✓ Tiempo de retención del sedimento en la tolva (t)

Se tomó como período de retención de 7 días por efectos de mantenimiento, ya que la limpieza es de tipo manual y el desarenador no debe ser excesivamente grande, que requiera de bombas de succión.

- ✓ Ancho (B)

Ajustado al canal de entrada

- ✓ Altura de la lámina de agua canal de llegada (H_{agua})

$$H_{agua} = \frac{Qd}{V * B}$$

- ✓ Largo del desarenador (L)

$$L = \frac{V * H_{agua} * 86400}{C_s}$$

Donde C_s es la carga superficial de agua residual aplicada al desarenador con un valor de 1500 m³/m²*día, el cual se encuentra entre los rangos sugeridos por INAA, 700 – 1600 m³/m²*día.

- ✓ Cantidad de material retenido

Por cada metro cúbico de agua residual que fluye por el desarenador se consideró que habrá un depósito de 0.029 lts de sedimento en la tolva, según normas del CEPIS.

- ✓ Volumen sedimentado

$$V_{sed} = Q_d * C_{ret} * t$$

Donde C_{ret} es la cantidad de material retenido y t el tiempo de retención del sedimento en tolva.

- ✓ Volumen propuesto de tolva (V_{tolva})

$$V_{tolva} = H_{tolva} * B * L$$

Donde H_{tolva} es la altura de la tolva propuesta con el fin de que el volumen propuesto de tolva fuera mayor que el sedimentado.

Medidor de caudal Parshall

Usando la mitad de la base del canal de distribución, se seleccionó un medidor con una garganta en (W) de 0.076m (Obsérvese tabla 25, Anexo I, “Criterios, dimensiones y caudales canales Parshall”). Se procedió a determinar la velocidad de flujo y la turbulencia. (Obsérvese Figura 9, Anexo I)

$$Q = K * (H_a)^n$$

Donde:

Q : caudal en m^3/s

H_a : Profundidad en relación con la cresta obtenida en el piezómetro situado a los 2/3 del largo A de la convergencia, contando esa distancia a lo largo de la pared de la convergencia de abajo para arriba, a partir de la sección extrema de debajo de la convergencia.

K y n Valores numéricos que se muestran en la tabla 26, Anexo I. “Valores de calibración para medidor Parshall” de acuerdo con la magnitud de la garganta (W).

5.8.3. Diseño de tanque Imhoff

El tanque Imhoff será de forma rectangular, compuesto por tres compartimientos:

a) Cámara de sedimentación.

Obsérvese Figura 10, Anexo I (“Cámara de sedimentación del tanque Imhoff.”)

✓ Caudal de diseño (m^3/hr)

$$Q_d = \frac{\text{población} * \text{dotación}}{1000} * \% \text{ contribución}$$

✓ Área del sedimentador (m^2)

$$A_s = \frac{Q_d}{C_s}$$

Donde:

C_s : es la carga superficial, igual a $1m^3/(m^2 * hora)$

✓ Volumen del sedimentador (m^3)

$$V_s = Q_p * P_r$$

Donde:

P_r : Período de retención hidráulica, entre 1.5 a 2.5 horas (recomendable 2 horas).

b) Cámara de digestión de lodos.

Obsérvese Figura 11, Anexo I (“Cámara de digestión de lodos del tanque Imhoff.”)

Volumen de almacenamiento y digestión (m^3)

$$V_d = \frac{70 * población * fcr}{1000}$$

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tomó en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 5 Factor de capacidad relativa

Temperatura °C	Factor de capacidad relativa fcr
5	2.0
10	1.4
15	1.0
20	0.7
>25	0.5

Fuente: OPS/CEPIS.

✓ Tiempo requerido para digestión de lodos

El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura, para esto se empleó la tabla siguiente:

Tabla 6 Tiempo requerido para la digestión

Temperatura °C	Tiempo de digestión Días
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: OPS/CEPIS.

c) Área de ventilación y cámara de natas.

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador (zona de espuma o natas) se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ El espaciamiento libre será de 1.0 m como mínimo.
- ✓ La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
- ✓ El borde libre será como mínimo de 0.30 cm.

Lecho de secado

- ✓ Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (Kg de SS/día)

$$C = Q_m * SS * 0.0864$$

Donde:

SS: Sólidos en suspensión en el agua residual cruda, en mg/l.

Q_m: Caudal promedio de aguas residuales.

- ✓ Masa de sólidos que conforman los lodos (Kg de SS/día)

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

- ✓ Volumen diario de lodos digeridos (lt/día)

$$V_{ld} = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * (\% \text{ de sólidos})}$$

Donde:

ρ_{lodo}: Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/l.

% de sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12%

- ✓ Volumen de lodos a extraerse del tanque (m³)

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T_d}{1000}$$

Donde:

T_d = Tiempo de digestión en días (Obsérvese cuadro V – 1, Anexo V)

✓ Área del lecho de secado (m^2)

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$

Donde:

H_a : Profundidad de aplicación, entre 0,20 a 0,40m

El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m., pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

5.8.4. Diseño de Biofiltro de flujo horizontal

El biofiltro se diseña bajo el régimen de flujo pistón para una relación largo-ancho mayor o igual a 3. Sin embargo, para unidades grandes como es el caso del presente trabajo, esta relación estará restringida por la longitud total del biofiltro la cual no podrá ser mayor de 50 metros y cuyo ancho no podrá ser mayor de 100 m.

✓ Área de la sección transversal efectiva del lecho (m^2)

$$W = \frac{Q_m}{K_f * I}$$

Donde:

Q_m : Caudal promedio de aguas residuales, (m^3/s)

K_f : Permeabilidad del lecho filtrante, (m/s)

I : Pendiente hidráulica, (m/m)

- ✓ Ancho mínimo

$$B_{min} = \frac{W}{h_{ef}}$$

Donde:

h_{ef} : Profundidad efectiva

- ✓ Carga hidráulica (m/año)

$$C = \frac{Q}{A}$$

Donde:

Q : Caudal de diseño

A : Área superficial

- ✓ Período de retención

$$P_r = \frac{V_{util}}{Q} = \frac{L * B * n * h_{ef}}{Q} \quad (3 - 5 \text{ dias})$$

Donde:

L : longitud del biofiltro

B : ancho del biofiltro

n : porosidad del lecho filtrante como fracción decimal

Q : caudal

- ✓ Concentración de contaminantes en el efluente

$$C_e = C_a * e^{(-k * P_r)}$$

Donde:

C_a : concentración de contaminantes en el afluente

k : constante de remoción, d^{-1}

- ✓ Constante para la remoción de DBO5 en humedales

$$k_{20} = k_o * (37.71 * n^{4.172})$$

Donde:

k_o : constante óptima de remoción,

para medio con zona de raíces completamente desarrollada.

k_o : $1.839 d^{-1}$ para aguas residuales municipales.

k_o : $0.198 d^{-1}$ para aguas residuales industriales con DQO alta.

k_{20} : constante a $20 ^\circ C$, d^{-1}

n : porosidad total del medio, fracción decimal.

- ✓ Área superficial requerida en función de la materia orgánica a remover.

$$A = \frac{Qm * (\ln So - \ln S)}{Kd * Hm * n}$$

Donde:

So : DBO_5 afluente.

S : DBO_5 efluente esperado.

Kd : Constante de reacción de primer orden a temperatura ambiente.

Hm : Altura media del humedal $0.45 - 0.75m$

n : porosidad del medio filtrante.

Qm : Caudal medio.

5.8.5. Diseño de lagunas de estabilización

Los parámetros que se utilizaron para evaluar el comportamiento de las lagunas de estabilización de aguas residuales y la calidad de sus efluentes fueron la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), que caracteriza la carga orgánica; y el número más probable de coliformes fecales (NMP CF/100ml), que caracteriza la contaminación microbiológica. Además, los sólidos totales sedimentables, en suspensión y disueltos.

Localización de lagunas

La ubicación del sistema de lagunas se hizo tomando en cuenta que estuvieran aguas abajo de la cuenca hidrográfica, en un área extensa y fuera de la influencia de cauces sujetos a inundaciones y avenidas. El área se estableció lo más alejada posible de las urbanizaciones existentes; se utilizaron las siguientes distancias mínimas:

- ✓ Para lagunas facultativas: 500 m
- ✓ Para sistemas con lagunas aireadas: 100 m.
- ✓ Profundidad: Se estableció una profundidad entre 1.5 y 2.5 m para lagunas facultativas. Para lagunas aerobias de 1 a 1.5 m

Diseño de lagunas facultativas

Caudal de diseño (Qm)

$$Qm = P * Dot * 0.8$$

*Dot * 0.8 ... Aporte per cápita de agua residual*

- ✓ Temperatura del agua.

$$T_a = 10.443 + 0.688 T_{ai}$$

T_a: Temperatura del agua.

T_{ai}: Temperatura del aire en el mes más frío.

- ✓ Concentración de la DBO5

$$S_0 = \frac{(P * q)}{Qm}$$

- ✓ Concentración de coliformes fecales.
- ✓ Requerimientos del efluente, en dependencia de los criterios de descarga a los cuerpos receptores de agua o del re-uso que se le dará.
- ✓ Carga total aplicada (CTA)

$$CTA = P * q = Qm * S$$

- ✓ Carga superficial máxima

$$Cs_{max} = 357.4 * 1.085^{(Ta - 20^0)}$$

- ✓ Carga superficial aplicada

$$CSA < Cs_{max}$$

$$CSA = 80 \% Cs_{max}$$

- ✓ Área total de la laguna

$$AT = \frac{CTA}{CSA} \dots (Ha)$$

✓ Número de unidades (N) ... 2 mínimo

✓ Área de cada laguna

$$A = \frac{AT}{N}$$

✓ Volumen de laguna

$$V = \text{Área} * H \dots H(1.5 - 2.5)$$

✓ Período de retención

$$Pr = \frac{V}{Qm} \text{ (de cada laguna)}$$

✓ Período de retención de 7 a 15 días

✓ Relación largo ancho 2- 4

✓ Remoción de la materia orgánica DBO₅

✓ Marais Show. Flujo de mezcla completa

$$\frac{S}{S_0} = \frac{1}{(1 + Kd * Pr)}$$

Donde:

S: Concentración de DBO₅ en el efluente (mg/l).

S₀: Concentración de DBO₅ en el afluente (mg/l).

Kd: Constante de degradación de la materia orgánica a la temperatura del agua ... (d – 1).

$$Kd = K20^0 * 1.085^{(Ta-20^0)}$$

$$K20^0 = \frac{Pr}{-14.77 + 4.46 Pr} \dots (d^{-1})$$

✓ Modelo de Yáñez. Flujo de mezcla rápida

$$Csr = -0.8 + 0.765 CSA$$

$$Csremanente = CSA - Csr$$

Donde:

Csr: Carga superficial removible ... Kg DBO₅ /Hab día.

Csremanente: Carga superficial remanente ... Kg DBO₅ /Hab día.

✓ Modelo de Thirimurthy

$$\frac{S}{S_0} = \frac{4 a e^{\frac{(1-a)}{2d}}}{(1+a)^2}$$

Donde:

a: Coeficiente adimensional.

d: Coeficiente de dispersión ... (adimensional)

e: Exponencial.

X: relación largo ancho

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.2539x + 1.01368x^2}$$

$$a = \sqrt{1 + 4 Pr * d * Kd}$$

Remoción de coliformes fecales

- ✓ Marais Show

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{(1 + Kd * Pr)}$$

Donde:

Kd: Constante de mortalidad de Coliformes fecales (NMP/100ml).

N: concentración de Coliformes fecales en el efluente (NMP/100ml).

No: concentración de Coliformes fecales en el afluente (NMP/100ml).

$$Kd = 0.84 * 1.07^{(Ta-20^0)}$$

- ✓ Thirimurthy

$$\frac{N}{N_0} = \frac{4ae^{(1-a)/2d}}{(1 + a)^2}$$

Diseño de lagunas secundarias aerobias.

- ✓ Carga superficial aplicada

$$CSA < 150 \text{ Kg}/\text{Hab} - \text{día}$$

- ✓ Relación largo/ancho

$$1 - 1.5 \text{ m}$$

Área de la laguna secundaria será igual al de la laguna primaria

- ✓ Volumen

$$V = \text{Área} * H$$

- ✓ Período de retención.

$$Pr = \frac{V}{Qm} \dots Pr \geq 7 \text{ dias.}$$

- ✓ Carga total aplicada

$$CTA = Qm * S$$

- ✓ Comprobar el CSA

$$CSA = \frac{CTA}{A}$$

Remoción de la materia orgánica DBO₅

- ✓ Marais Show

$$\frac{S}{S_0} = \frac{1}{(1 + Kd * Pr)}$$

$$Kd = K20^0 * 1.085^{(Ta-20^0)}$$

$$K20^0 = \frac{Pr}{-14.77 + 4.46 Pr} \dots (d^{-1})$$

- ✓ Modelo de Yáñez

$$Csr = -0.8 + 0.765 CSA$$

$$Csremanente = CSA - Csr$$

Donde:

Csr: Carga superficial removida.

Csremanente: Carga superficial remanente.

Tabla 7 Relación entre DBO₅/DBO₅ soluble

CSA (Kg/ Hab– día)	DBO5 Total/ DBO Soluble
50	2.6
100	2.3
150	2.1
200	2.0
250	1.95
300	1.90
350	1.82
400	1.78
450	1.70

Fuente: OPS/EHP/CEPIS.

✓ Modelo de Thirimurthy

$$\frac{S}{S_0} = \frac{4 a e^{\frac{(1-a)}{2d}}}{(1+a)^2}$$

Donde:

a: Coeficiente *a* dimensional.

d: Coeficiente de dispersión, (A dimensional)

e: Exponencial

x: *q* (L/B)

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.2539x + 1.01368x^2}$$

$$a = \sqrt{1 + 4 \text{ Pr} * d * Kd}$$

5.10. Estudio de impacto ambiental

En el presente estudio de Impacto Ambiental (EslA), se analizaron cada una de las etapas de ejecución y operación del proyecto y los efectos que este tendría en los ecosistemas que alberga el área de estudio.

Este estudio permite cumplir con las normativas vigentes en la República de Nicaragua y de esta manera poder contar con una herramienta para la mitigación de impactos ambientales que la ejecución y operación de este proyecto pudiera generar.

El objetivo principal de este estudio de impacto ambiental ha sido identificar, evaluar y valorar impactos favorables y desfavorables que se puedan presentar durante las diferentes fases del proyecto dentro del área de influencia considerada en este estudio.

Para realizar el (EslA) se definió la línea base ambiental mediante una visita al área de influencia del proyecto donde se recolectó toda la información sobre las condiciones del medio ambiente previo a la ejecución de dicho proyecto, para así poder prever los efectos que se pueden producir en el medio físico, social y biológico. Después de la visita antes mencionada se procedió a la elaboración de una serie de matrices de evaluación de impactos ambientales sobre los diferentes medios. (Obsérvese Anexo VI, Evaluación de impacto ambiental)

5.11. Cantidades de obra y presupuesto

Se elaboró una lista de cada una de las actividades correspondientes a dicho proyecto, donde se estimaron los costos directos, indirectos y totales. (Obsérvese Anexo VII, Costo y presupuesto)

Los precios se obtuvieron mediante cotizaciones en cada una de las ferreterías locales. Se eligió la cotización más económica sin perjuicio de la calidad.

CAPITULO VI - PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1. Estudio de población

Como el proyecto se limitó a los barrios que conforman el casco urbano se tomó como población actual (12 de marzo del 2016) la obtenida a través del censo, resultando ser de: 3428 habitantes. Los que habitan en 693 vivienda distribuidas en 40 manzanas, la mayor relación de habitantes por vivienda resultó de 5.8 hab/vivienda. (Ver Tabla 8)

Tabla 8 Población y vivienda del área a servir

SECTOR	Nº DE MANZANAS	Nº DE Viv/Manz	ÍNDICE DE Viv/Manz	POBLACIÓN (hab)	ÍNDICE DE Hab/viví.
NO	12	230	19.17	1260	5.5
SO	9	125	13.89	724	5.8
NE	9	205	22.78	828	4.0
SE	10	133	13.30	616	4.6
TOTAL	40	693	-	3428	5.0

Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de una población total inicial de 3428 habitantes y un horizonte de 20 años, se calculó la tasa de crecimiento geométrico, resultando esta del 2%. De acuerdo a los datos obtenidos de (INIDE), (Ver tabla 10).

De acuerdo con lo establecido en INAA para la proyección geométrica “Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano menor del 2.5%”. Ver proyección de la población capítulo V, P.49.

Resultando una población futura a 20 años de: 5,617 habitantes aproximadamente (Ver Tabla 9 y Gráfico 1).

Tabla 9 Proyección de la población Periodo (2016 – 2036)

Nº	AÑO	POBLACIÓN ACTUAL EN EL ÁREA URBA.	TASA DE CRECIMIENTO	POBLACIÓN PROYECTADA	POBLACIÓN DE SATURACIÓN
0	2016	3428		3428	
1	2017		2.5%	3514	4019
2	2018		2.5%	3602	4019
3	2019		2.5%	3692	4019
4	2020		2.5%	3784	4019
5	2021		2.5%	3878	4019
6	2022		2.5%	3975	4019
7	2023		2.5%	4075	4019
8	2024		2.5%	4177	4019
9	2025		2.5%	4281	4019
10	2026		2.5%	4388	4019
11	2027		2.5%	4498	4019
12	2028		2.5%	4610	4019
13	2029		2.5%	4726	4019
14	2030		2.5%	4844	4019
15	2031		2.5%	4965	4019
16	2032		2.5%	5089	4019
17	2033		2.5%	5216	4019
18	2034		2.5%	5347	4019
19	2035		2.5%	5480	4019
20	2036		2.5%	5617	4019

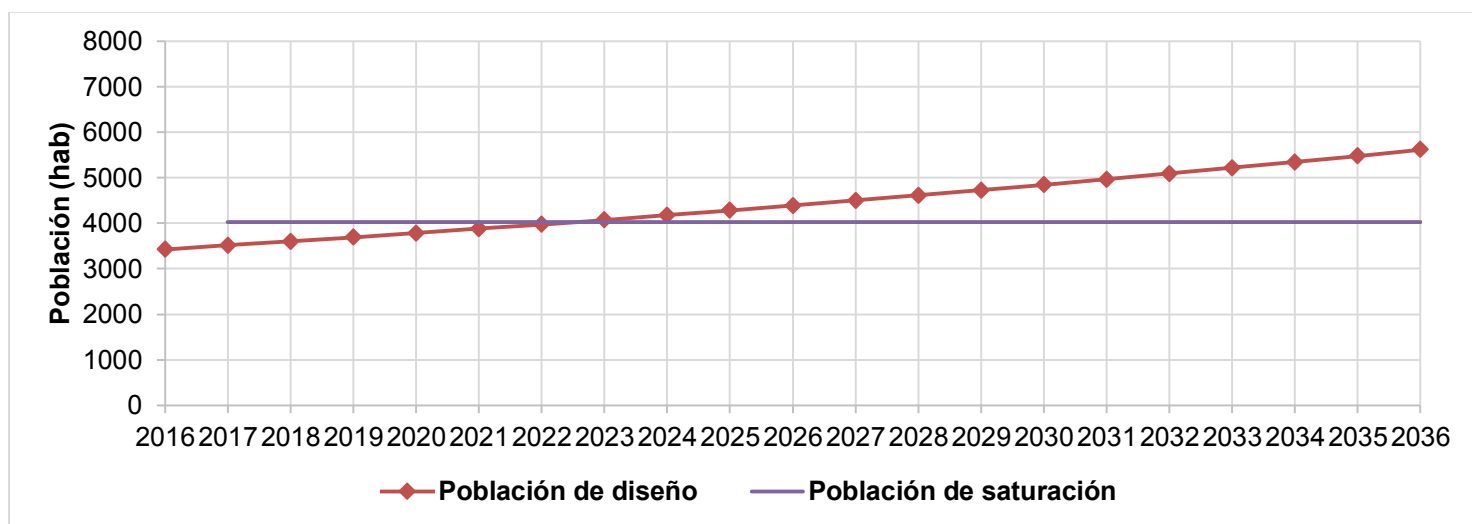
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10 Cálculo de la tasa de crecimiento

DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO	CENSO DE 1995			CENSO DE 2005			TASA DE CRECIMIENTO GEO. (1995-2005)		
	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL
La República	2370,806	1986,293	4357,099	2875,550	2266,584	5142,098	2%	1%	2%
Estelí(Departamento)	93,471	81,423	174,894	118,919	82,629	201,548	2%	0%	1%
Pueblo Nuevo	2,849	16,683	19,532	3,444	17,176	20,620	2%	0%	1%
Condega	7,856	17,299	25,155	9,894	18,587	28,481	2%	1%	1%
Estelí (Municipio)	71,550	21,438	92,988	90,294	21,790	112,084	2%	0%	2%
San Juan de Limay	3,472	9,029	12,501	3,668	9,787	13,455	1%	1%	1%
La Trinidad	7,267	11,251	18,518	11,000	9,140	20,140	4%	-2%	1%
San Nicolás	477	5,723	6,200	619	6,149	6,768	-	-	-

Fuente: INIDE.

Gráfico 1 Proyección geométrica de población (Periodo 2016 – 2036)



Fuente: Elaboración propia.

6.2. Informe de estudio socioeconómico

La ciudad de Pueblo Nuevo está viviendo una economía de subsistencia, es decir, que la pobreza es generalizada, el empleo que hay (57%) es generado por: la agricultura, comercio, docencia y ebanistería. A esta economía le ingresa un porcentaje extra (N/D), de remesas que reciben algunas familias aunque en menor cantidad que las otras actividades, toda esta información se obtuvo mediante la aplicación de la encuesta socio – económica, ver Anexo VIII – Encuesta socioeconómica.

En la actualidad se evidencia un pequeño y firme avance en las técnicas productivas agropecuarias, fortaleciendo así estos rubros, principal fuente de empleo en esta localidad.

Posteriormente, concluye el estudio, se deben elaborar y presentar proyectos higiénico – sanitarios que mejoren la calidad de vida de los habitantes; además de reducir el índice de enfermedades producidas por vectores y de origen hídricas. Así mismo, se mejorará la estética de la localidad, y presentará un ambiente atractivo para el comercio, inversionistas, y turistas en general.

La población al momento de encuestarla mostró un gran interés y aceptación en este tipo de proyecto. “DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA EL ÁREA URBANA DE PUEBLO NUEVO, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ”, y dijo estar dispuesta a colaborar en la ejecución del mismo.

A continuación se muestran los resultados de las encuestas de forma gráfica:

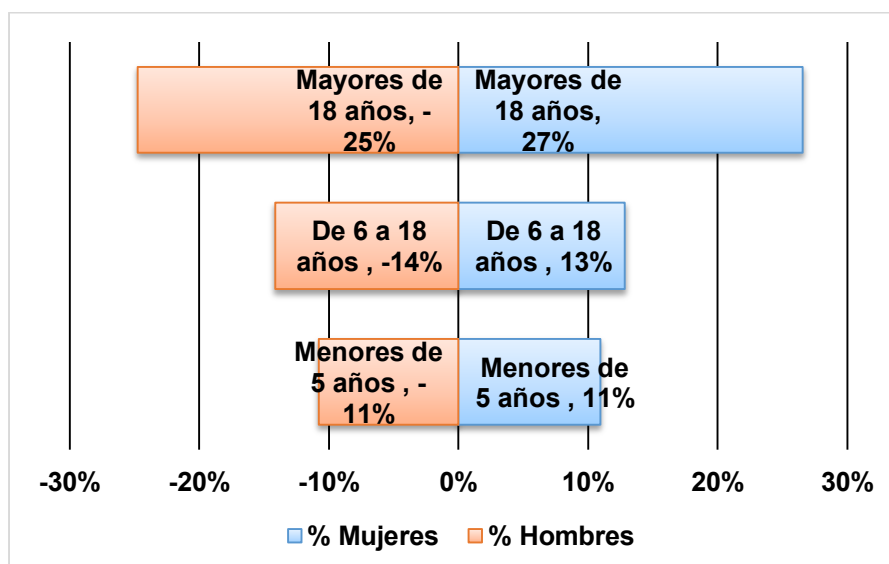
6.2.1. Clasificación de la población por género:

Tabla 11 Clasificación de la población por género

Edad	Mujeres	% Mujeres	Hombres	% Hombres	Total
Menores de 5	375	11%	370	-11%	745
De 6 a 18	440	13%	484	-14%	924
Mayores de 18	911	27%	848	-25%	1759
Población Total					3428

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2 Clasificación de la población por edad y género



Fuente: Elaboración propia

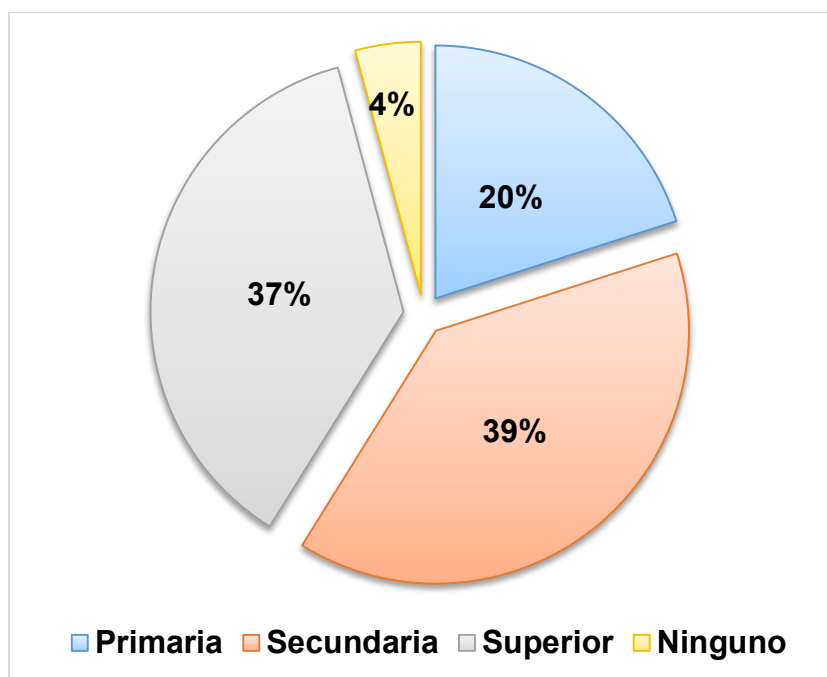
6.2.2. Nivel de escolaridad de la población encuestada

Tabla 12 Nivel de escolaridad

Primaria	Secundaria	Superior	Ninguno	Total
139	269	256	29	693.00
20%	39%	37%	4%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3 Nivel de escolaridad



Fuente: Elaboración propia

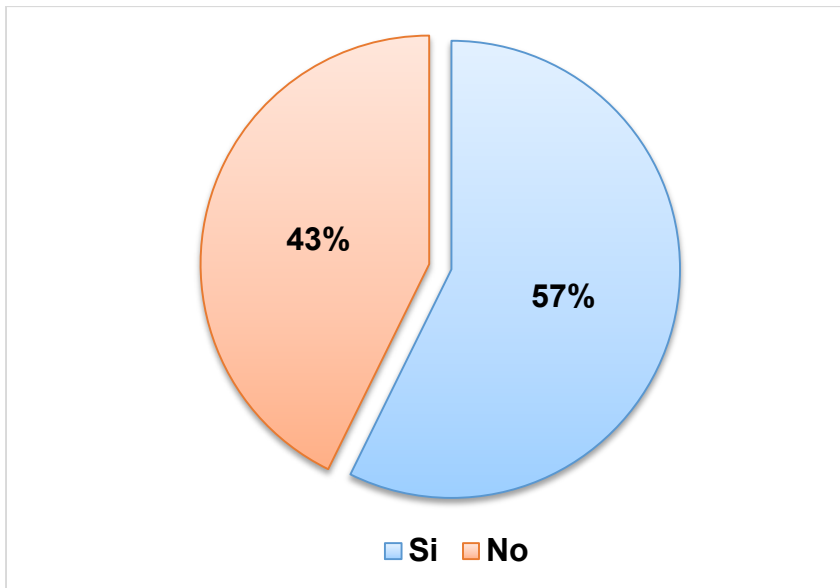
6.2.3. Porcentaje de personas que trabajan, tipo de ocupación y cantidad de ingresos.

Tabla 13 Porcentaje de personas que trabajan

Trabajan		
Si	No	Total
397	296	693
57%	43%	100%

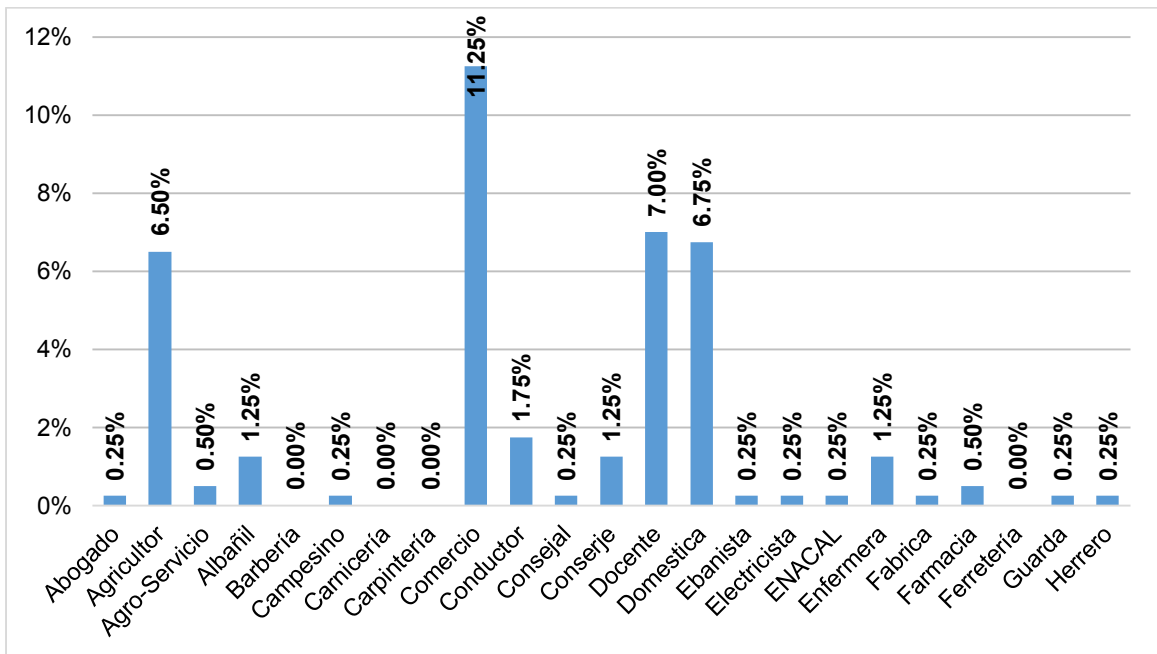
Fuente: Elaboración propia.

Grafico 4 Porcentaje de personas que trabajan



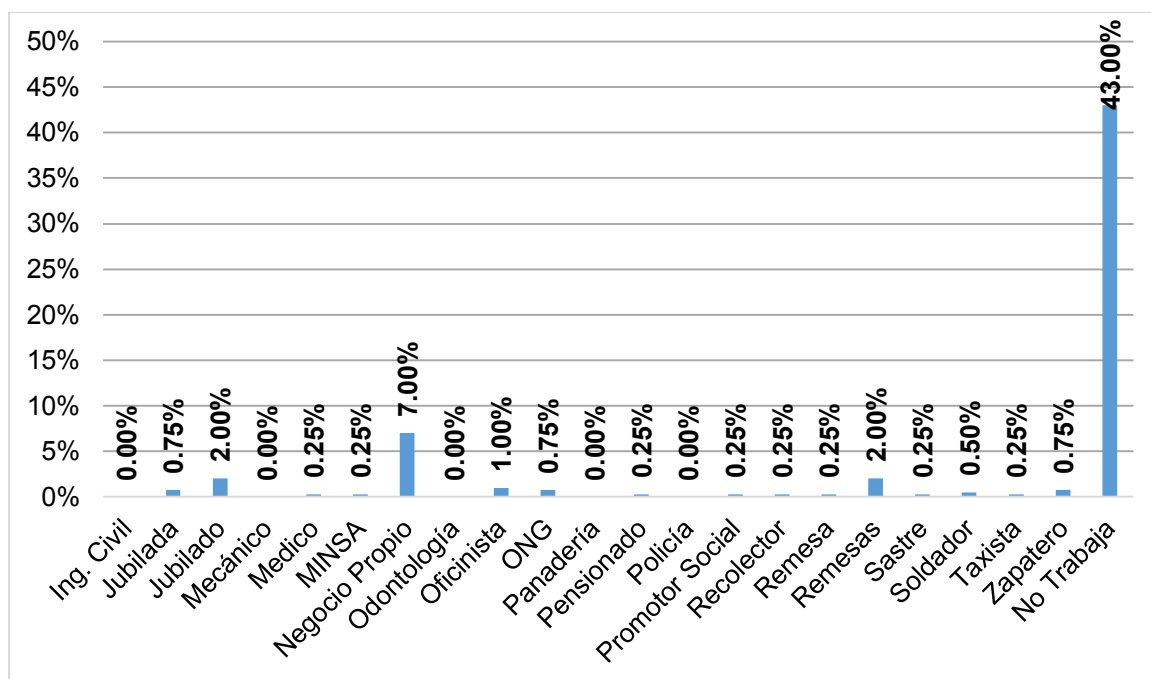
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5 Tipo de ocupación segmento 1



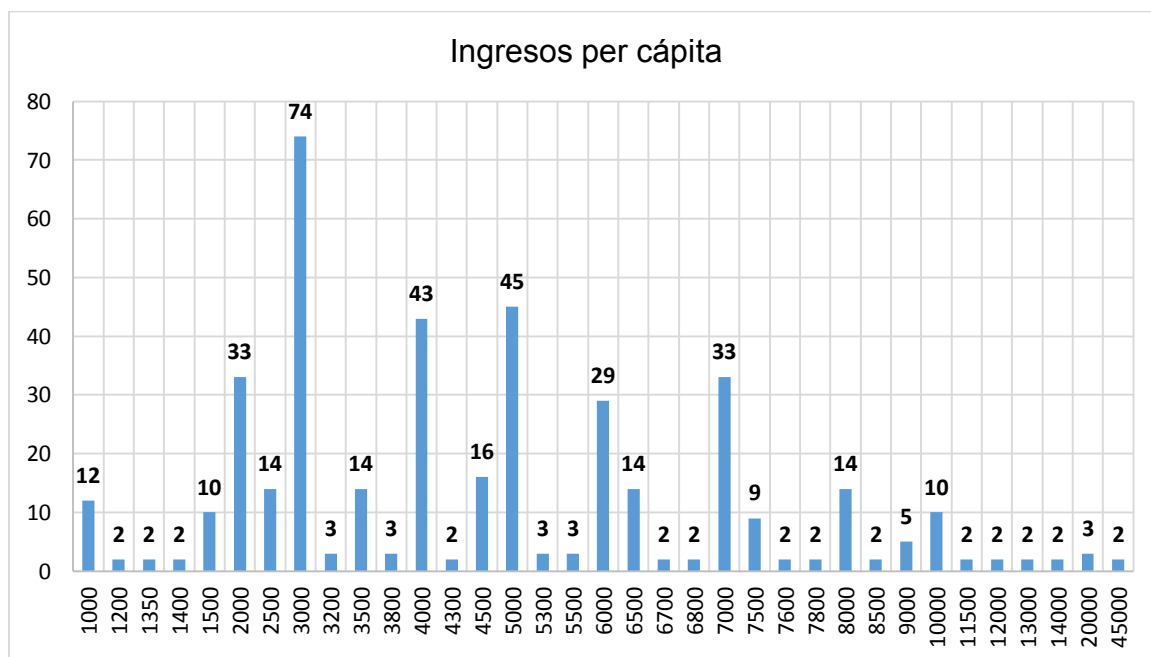
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6 Tipo de ocupación segmento 2



Fuente: Elaboración propia.

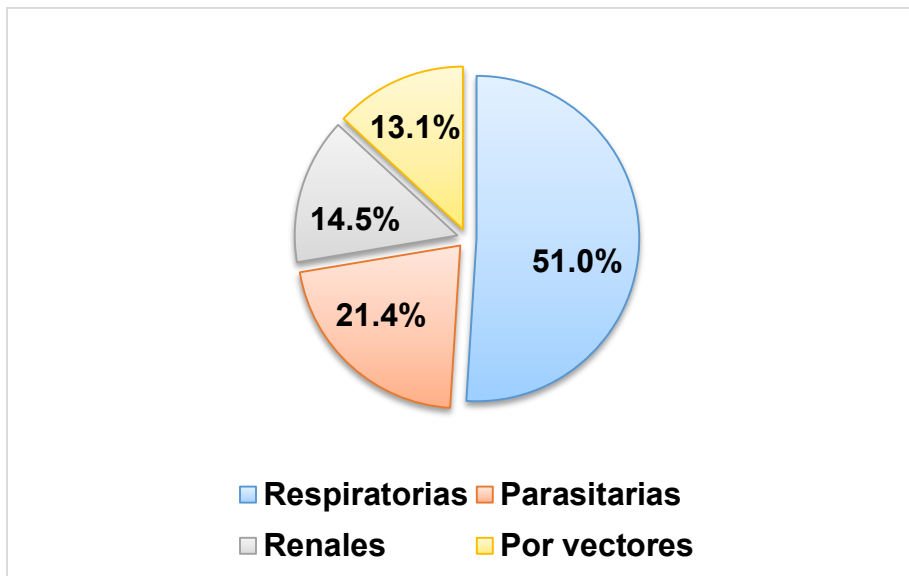
Grafico 7 Ingresos per cápita



Fuente: Elaboración propia.

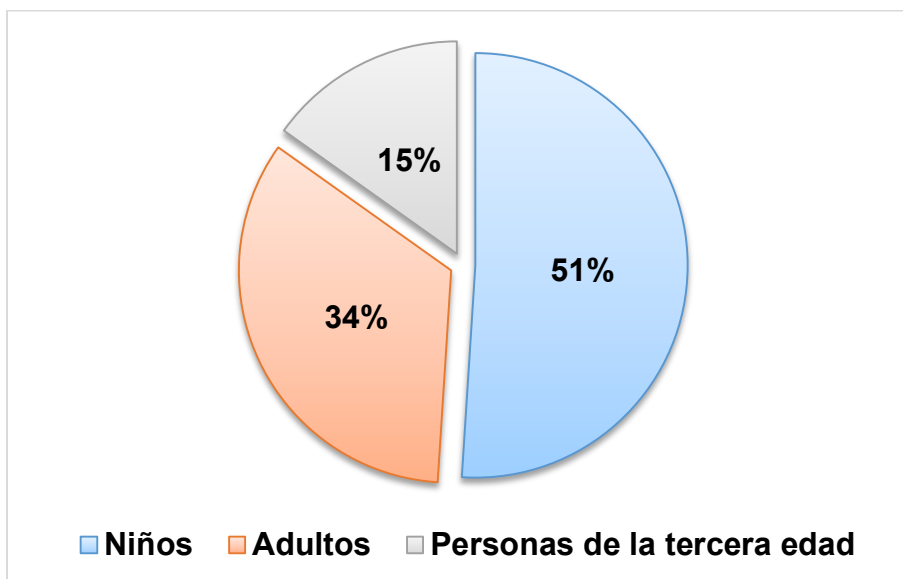
6.2.4. Epidemiología

Gráfico 8 Enfermedades que más afectan a la población



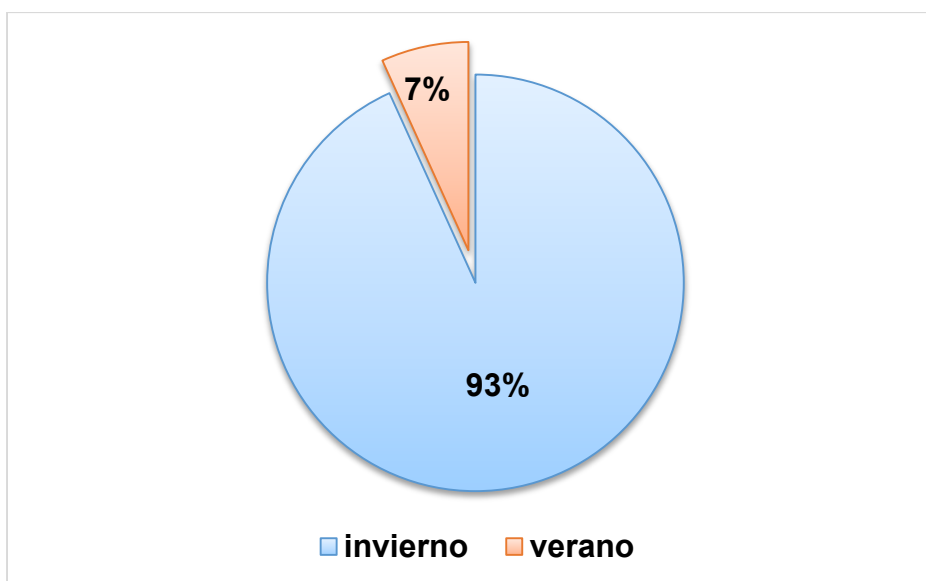
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9 Población afectada por enfermedades



Fuente: Elaboración propia.

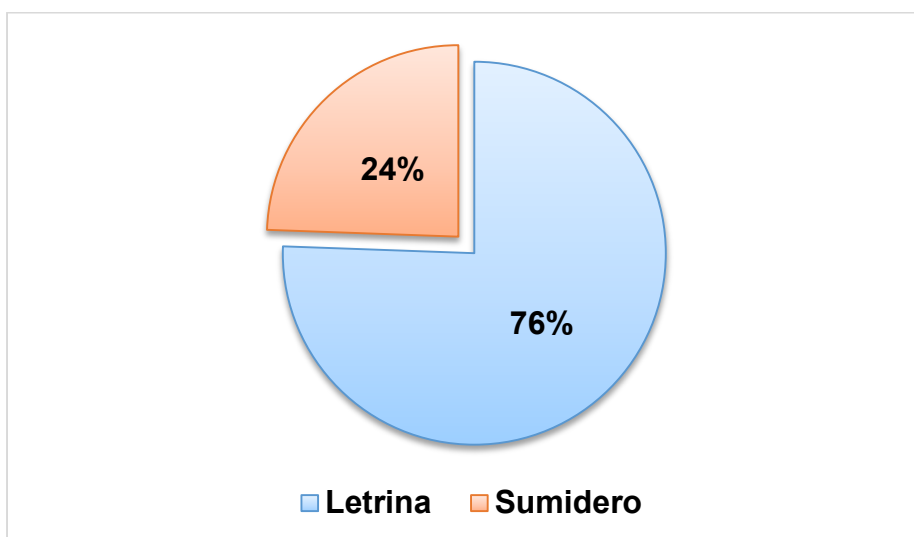
Gráfico 10 Frecuencia de las enfermedades por estación



Fuente: Elaboración propia.

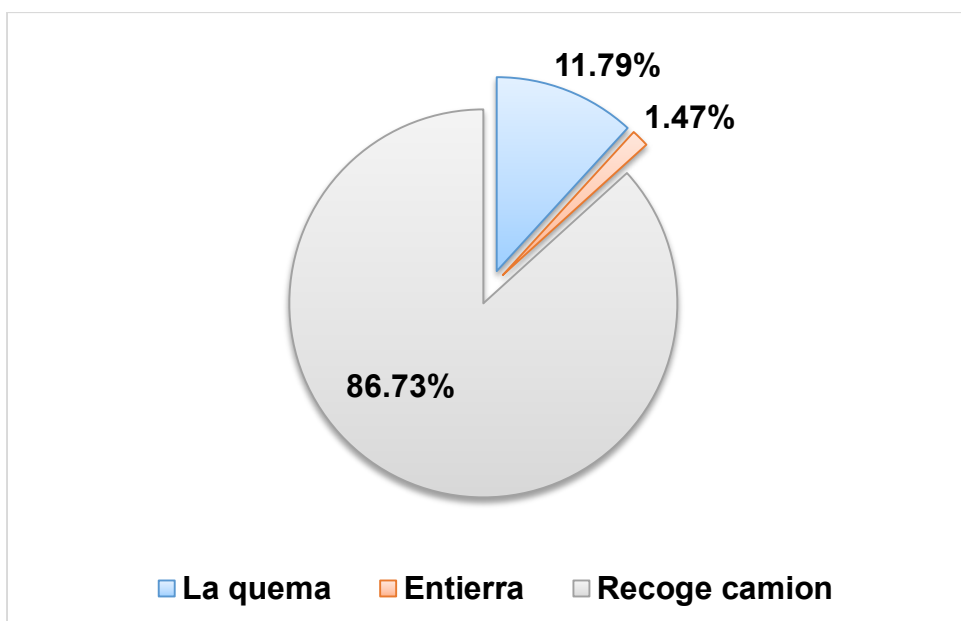
6.2.5. Disposición de las excretas y aguas residuales

Gráfico 11 Disposición de las excretas



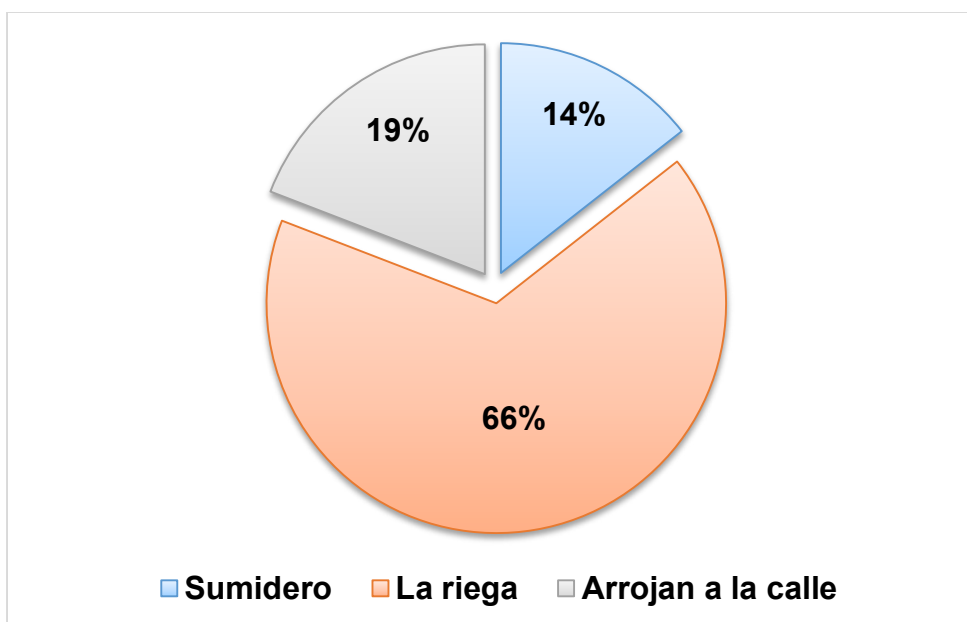
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 12 Disposición de la basura



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 13 Disposición de las aguas residuales



Fuente: Elaboración propia.

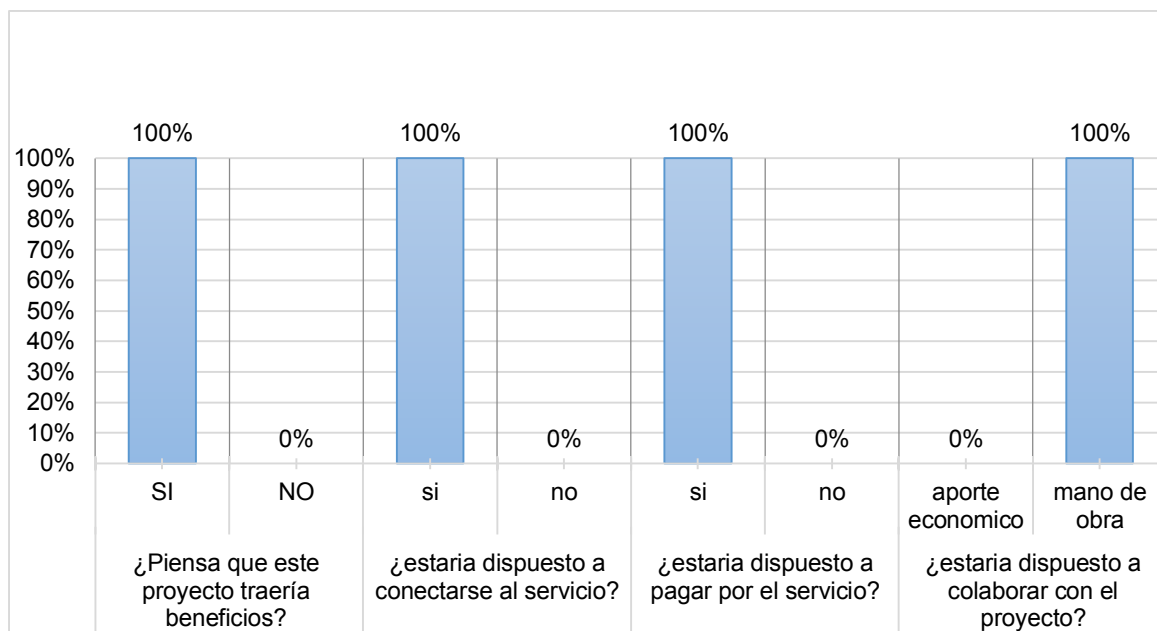
6.2.6. Opinión de la población

Tabla 14 Opinión de la población

¿Piensa que este proyecto traería beneficios?		¿Estaría dispuesto a conectarse al servicio?		¿Estaría dispuesto a pagar por el servicio?		¿Estaría dispuesto a colaborar con el proyecto?	
Si	No	Si	No	Si	No	Aporte económico	Mano de obra
100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 14 Opiniones de la población



Fuente: Elaboración propia.

6.3. Clasificación y caracterización del Agua Residual

El agua residual se clasificó como doméstica ya que no se evidenció la presencia de residuos líquidos industriales, ni aguas residuales agrícolas. Esta agua se caracteriza por su alto contenido de materia orgánica biodegradable (DBO – DQO), tales como:

1. Sólidos en suspensión: arena.
2. Organismos patógenos: Estos organismos proliferan en las aguas residuales domésticas que contienen heces fecales, paracitos, bacterias e insectos.
3. Nutrientes: nitrógeno, fósforo y carbono.
4. Materia orgánica refractaria: detergentes, jabones, desinfectantes.
5. Sólidos inorgánicos disueltos: calcio, sodio y sulfatos.

6.4. Red de alcantarillado sanitario

La red de recolección se trazó obedeciendo a la topografía y los patrones de escurrimiento natural, se configuró el sistema de recolección, de manera que toda la red funcione por gravedad hasta el sitio de tratamiento y por último hasta su disposición final. En consecuencia, resultó un sistema compuesto por dos colectoras A” y “B” con sus respectivos ramales, áreas tributarias y población contribuyente, como se muestra en la tabla 15. Correspondiendo a un modelo de tipo interceptores.

Como se expresó con anterioridad la red se trazó siguiendo el sentido de drenaje natural, el cual de forma general escurre en dos direcciones principales: de Noroeste – Sureste hacia el río de Pueblo Nuevo.

Esta red es de tipo convencional, utilizando tubería de PVC-SDR 41. (Anexo III, Plano de planta y perfil red de alcantarillado).

Tabla 15 Red de alcantarillado sanitario

COLECTORA	POBLACIÓN SERVIDA (hab)	LONGITUD DE RED (m)	CAUDALES (lps)	
			MEDIO	DISEÑO
A	993	1, 518.92	0.97	3.36
B	4,624	5, 092.39	4.50	15.57
TOTAL	5,617	6, 611.31	5.47	18.93

Fuente: Elaboración propia.

Las tuberías se proyectaron de modo que sus pendientes estuvieran, si era posible, en el mismo sentido que la pendiente natural del terreno, para así lograr un mínimo de excavación y un drenaje por gravedad.

Los diámetros de tuberías calculados resultaron por debajo del valor mínimo (150 mm). Para el emisario el diámetro aumentó a 200 mm, dado que es aquí donde se acumulan todos los caudales de la red.

En la revisión de las condiciones hidráulicas (Velocidad, Tirante, Fuerza tractiva) se puede observar que en varios tramos aparece un signo de admiración (!) para el caso de la velocidad y la relación de tirantes, en estos caso no se cumple con los criterios. Pero la fuerza tractiva resulta mayor de 1 Pa, lo que demuestra que la red funcionara bajo una velocidad de auto lavado, por lo cual no es necesario hacer cumplir las demás condiciones a menos que estas excedan los valores máximos. (Ver Anexo II, Tabla 30 – Cálculos hidráulicos).

La red constará con un total de 66 pozos de visita, de los cuales 8 son con caída. El pozo de visita con mayor profundidad de excavación es el PVS – 20 con 4.68 metros. Y la menor profundidad de excavación será de 1.65 metros.

Todas las conexiones domiciliare serán de PVC de 100 mm (4") de diámetro, comenzando en la caja de registro de cada vivienda y luego acoplándose a la alcantarilla de 6" de diámetro que pasará por su respectiva calle o avenida. Serán 691 conexiones domiciliare cortas y 2 largas, para un total de 693.

Los pozos de visita fueron ubicados por cada cambio horizontal y vertical que hubiera de tubería con una separación máxima de 100 m. Siguiendo las normas especificadas por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). Se realizó un trazado preliminar para determinar donde estarían ubicados cada pozo de visita con su respectiva tubería para luego llevarlo hacia el programa Civil 3D como herramienta para el diseño de redes de tuberías.

6.5. Estudio geotécnico

Este estudio fue realizado en la propiedad del Sr. Juan Bautista Acuña Zamora, ubicada al Sur de localidad de Pueblo Nuevo a unos 525 metros de la última vivienda conectada a la red de alcantarillado y a 100 metros de los márgenes del Río Pueblo Nuevo, identificado como cuerpo receptor de los efluentes del sistema de tratamiento.

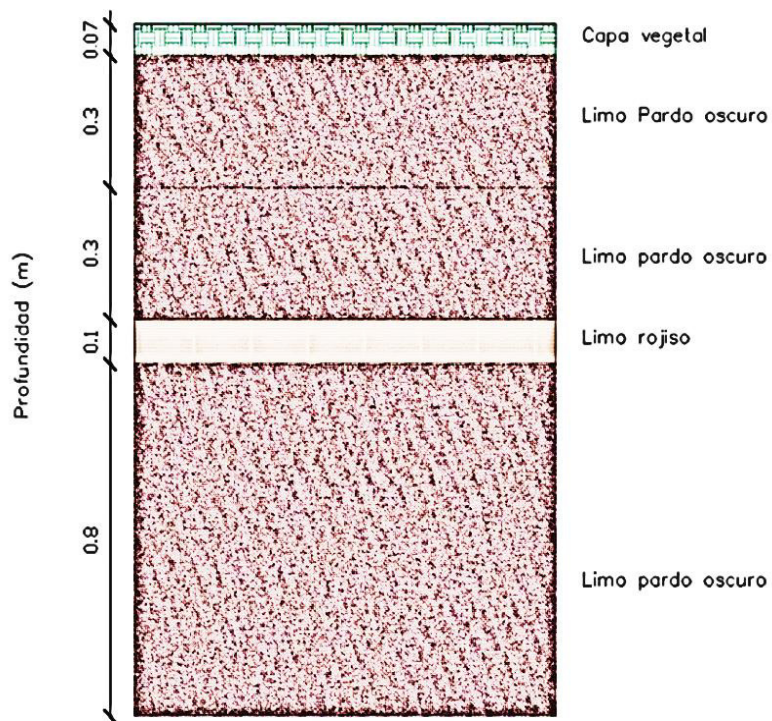
A continuación se muestran los resultados de las pruebas de laboratorio en la Tabla 16 y Figura 10.

Tabla 16 Resultados de estudio geotécnico

Tipo de suelo Clasificación (SUCS)	Limo blando de alta compresibilidad (MH)	
Módulo de Elasticidad	3.1 MPa	
Valor de Soporte	13% Muy malo para cimentación	
Límites de Atterberg	LL: 75%	IP: 40%
Angulo de Fricción Interna	$\phi = 25.38^\circ$	
Cohesión	0 Kg/cm ²	
Peso específico	1700 Kg/m ³	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10 Perfil estratigráfico del terreno donde estaría la planta



Fuente: Elaboración propia.

6.6. Sistema de tratamiento

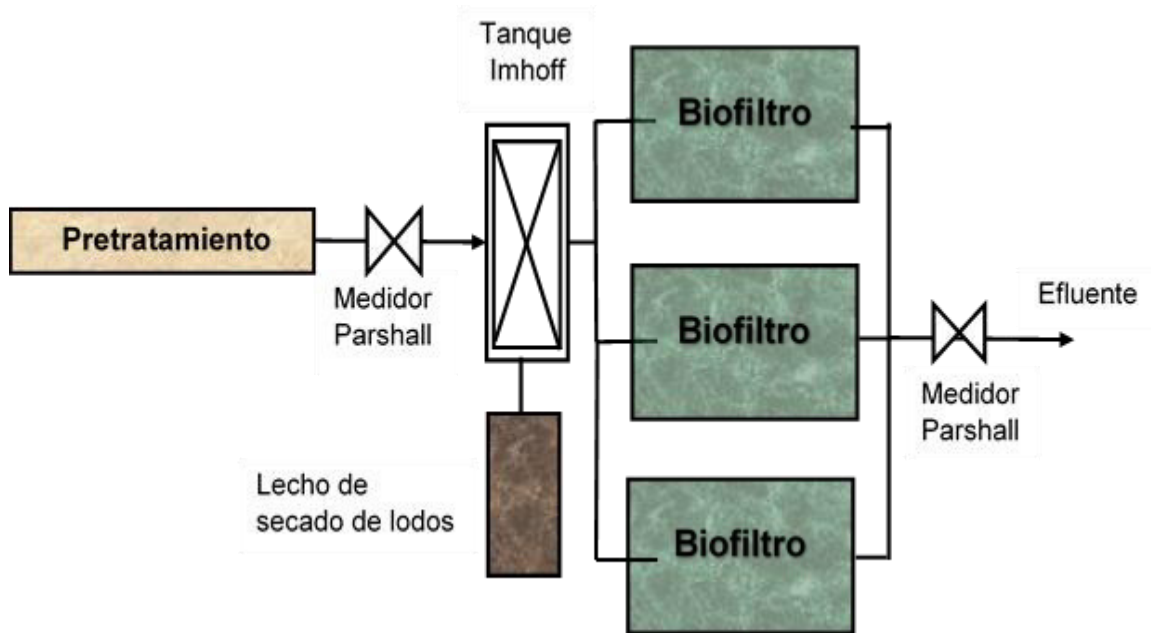
Para el dimensionamiento de los sistemas de tratamiento propuestos se tomaron como referencia estudios de aguas residuales de los sistemas de alcantarillado existentes en nuestro país.

Las alternativas propuestas consisten en un sistema de tratamiento biológico ya que el agua residual es de origen doméstico. Con concentraciones medias de 320 mg/l de DBO_5 y de coliformes fecales de $1.00\text{E}+07$ NMP/100 ml.

El proceso de tratamiento consiste en un tratamiento preliminar seguido de un tratamiento primario y secundario.

6.5.1. Alternativa 1: Tanque Imhoff más Biofiltro

Figura 11 Alternativa (1) – Tanque Imhoff + Biofiltro



Fuente: Elaboración propia.

Pre Tratamiento

Está constituido por un canal de concreto reforzado de 0.50 m de ancho con una altura total de 0.40 m seguido de una reja ubicada dentro del primer tramo del canal con una inclinación de 45° con respecto a la horizontal y separación de 5 cm entre barras de ½" pulgada de espesor. Luego el flujo es conducido hacia un desarenador doble de concreto reforzado con un ancho igual al del canal de entrada.

Seguidamente se ubica un canal para medición de caudal de tipo Parshall diseñado con un ancho de garganta de 3" en el tramo convergente y dos piezómetros en la entrada y la salida.

Tratamiento Primario

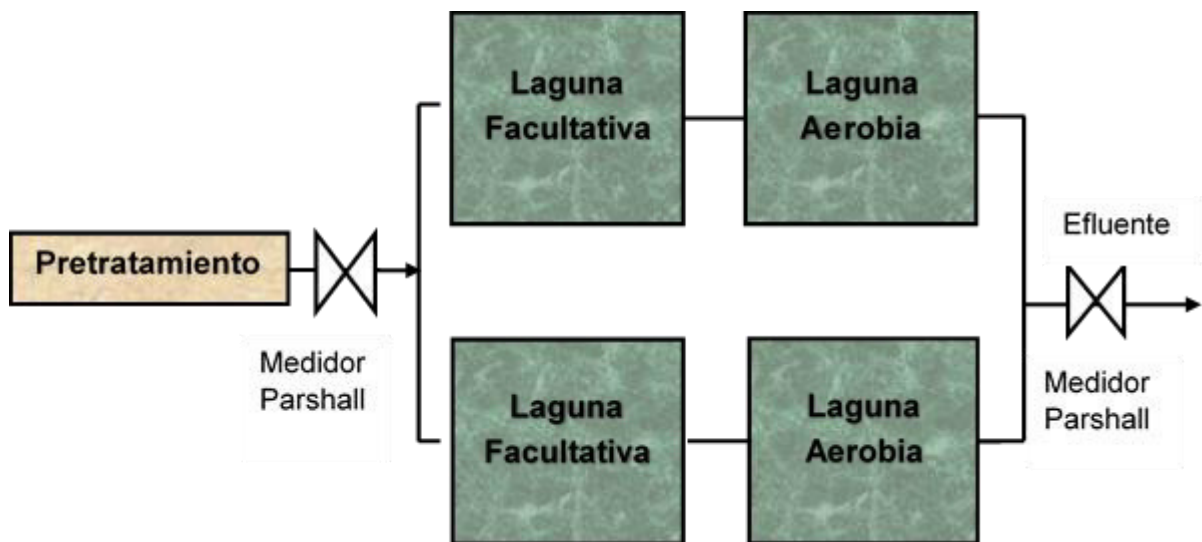
Se efectuará mediante un Tanque Imhoff de dos cámaras de sedimentación, con un ancho total de 1.89 m, largo de 5.67 m y altura de 7.25 m. El tiempo de retención, es de 2 horas, con una cámara de sedimentación de 1.89 m de ancho y altura de 2.71 m. La zona de digestión con un tiempo de digestión de fangos de 30 días. (Ver Anexo III, Planos de sistema de tratamiento)

Tratamiento Secundario

Tres biofiltros, de flujo horizontal, como alternativa eficiente para la remoción de la materia orgánica y además de proporcionar una buena remoción de patógenos. El ancho útil es de 49 m, la longitud de 42 m y su profundidad media de 0.60 m por unidad.

6.5.2. Alternativa 2: Laguna Facultativa más Laguna Aerobia

Figura 12 Alternativa (2) Laguna Facultativa + Laguna Aerobia



Fuente: Elaboración propia.

El sistema de pre tratamiento es igual al de la alternativa 1.

El tratamiento primario, compuesto por dos lagunas facultativas, cuenta con un área total de lagunas de 0.370 Ha y un período de retención de 11.60 días. Seguidamente, el sistema secundario lo componen dos lagunas aerobias, las cuales también cuentan con un área total de 0.370 Ha, obteniendo un área total de 0.74 Ha para las cuatro lagunas. El período de retención en las lagunas aerobias es de 7.30 días. (Ver Anexo III, Planos de sistema de tratamiento)

6.5.3. Conducción y vertido del efluente

Un emisario de PVC – SDR 41 de 8 pulgadas de diámetro se encargara de captar los efluentes de cada módulo de tratamiento y lo conducirá hasta el cuerpo receptor (Río Pueblo Nuevo). La longitud del emisario será de 120 metros. El cual iniciara en la caja receptora donde se juntan los efluentes de cada uno de los biofiltros.

6.5.4. Elección de la alternativa

Se eligió la alternativa 1, por ser esta la más viable porque es más económica y además la calidad de los efluentes de este sistema cumple con la ley nacional de vertido. **“Disposiciones para el control de la contaminación provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias”** (DECRETO No. 33 – 95). En el capítulo VI se establece:

Arto.22. Los límites máximos permisibles de coliformes fecales medidos como número más probable no deberá exceder de 1000 por cada 100 en el 80% S; de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso superior a 5000 por cada 100 ml.

Arto.23. Los parámetros de calidad de vertido luido provenientes de los Sistemas de tratamientos de los alcantarillados que sean descargados directa o

indirectamente a los cuerpos receptores, deberán cumplir en los rangos y límites máximos permisibles expresados a continuación:

Para una población hasta 75,000 habitantes

Tabla 17 Rangos y límites máximos de descarga de aguas residuales

PARÁMETROS	RANGOS Y LIMITES MÁXIMOS DE DESCARGA PROMEDIO DIARIO
PH	6 – 9
Sólido Suspendido totales (mg/L)	100
Grasas y Aceites (mg/L)	20
Sólidos sedimentables (mg/L)	1.0
DBO (mg/L)	110
DQO(mg/L)	120
Coliformes NMP/100ml	1000
Sustancias activas al Azul de metileno	3

Fuente: Decreto 33 – 95.

El resumen y comparación de resultados de ambas alternativas de tratamiento a nivel técnico y económico se presenta en los siguientes cuadros:

Tabla 18 Eficiencia de los sistemas de tratamiento

Contaminantes	Alternativa 1		Alternativa 2		Norma INAA
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
DBO ₅ (mg/lit)	320	1.87	320.00	24.01	< 110
Coliformes fecales (NMP/100ml)	1.00E+07	5.00E+02	1.00E+07	1.53E+02	< 1000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19 Comparación de costos de alternativas de tratamiento

ALTERNATIVA No	DESCRIPCIÓN	COSTO C\$	
		PER CÁPITA	TOTAL
1	Preliminares	205.10	1255619.85
	Tanque Imhoff	164.70	1008284.80
	Lecho de Secado	29.58	181071.70
	Biofiltro	1473.67	9021817.85
	TOTAL	C\$ 1,873.05	C\$ 11,466,794.21
		\$ 65.38	\$ 400,237.15
2	Preliminares	205.10	1255619.85
	Laguna Facultativa	1618.56	9908821.64
	Laguna Aerobia	694.64	4252607.46
	TOTAL	C\$ 2,518.30	C\$ 15,417,048.94
		\$ 87.90	\$ 538,116.89

Fuente: Elaboración propia.

6.7. Evaluación de impacto ambiental

Según el **decreto 76 – 2006**: Sistema de Evaluación Ambiental, este proyecto se encuentra en la categoría Ambiental II: Proyectos, obras, actividades e industrias que son considerados como Proyectos de **Impacto Ambiental Alto**.

Para la evaluación de impacto ambiental, se realizó la matriz de importancia donde se toma en cuenta los factores del medio ambiente afectados por las diferentes etapas del proyecto, (etapa de ejecución y etapa de operación), para evaluar la importancia de los impactos se tomaron en cuenta los siguientes símbolos y valores:

Tabla 20 Símbolos y valores de la importancia de los impactos

SIGNO	Valor	INTENSIDAD (I)	Valor
Impacto Ambiental Beneficioso	(+)	Baja	1
Impacto Ambiental Perjudicial	(-)	Media	2
EXTENSIÓN (E)		Alta	4
Puntual	1	Muy alta	8
Parcial	2	Total	16
Extenso	4	MOMENTO (M)	
Total	8	Largo plazo	1
Crítico	>8	Medio plazo	2
PERSISTENCIA (P)		Corto Plazo	4
Fugaz	1	Crítico	+1,+4
Temporal	2	REVERSIBILIDAD (R)	
Pertinaz	4	Reversible	5
Permanente	8	Irreversible	8
		Irrecuperable	20

$$\text{IMPORTANCIA} = \pm (3I + 2E + M + P + R)$$

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 40, Anexo VI, Matriz de importancia** se observa los valores de impacto ambiental según las etapas y el área de influencia del proyecto.

6.6.1. Resultados del impacto ambiental en la etapa de construcción

De acuerdo a la matriz de impactos en la etapa de construcción (Anexo VI, Tabla.41) se determina que el balance de esta etapa es negativo debido principalmente al uso del suelo, molestia por tránsito vehicular, contaminación por partículas (polvo), esto mayormente se generará por la actividad de zanjeo para la instalación de la tubería de recolección.

De igual manera otra afectación es por las vibraciones y los gases liberados por las maquinarias a utilizar, en esta etapa se podría decir que el impacto positivo es la generación de empleo.

Una de las ventajas de estos impactos es que son temporales y su reversibilidad es de corto plazo (Obsérvese Gráfico 15).

6.6.2. Resultados de impacto ambiental en la etapa de operación

En esta etapa del proyecto el mayor impacto negativo se tendrá en dependencia de la disminución de la cantidad de oxígeno disuelto (OD) contenido en el cuerpo receptor, el incremento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) todo como consecuencia de la descarga del efluente final al cuerpo receptor. (Ver Anexo VI, Tabla 42)

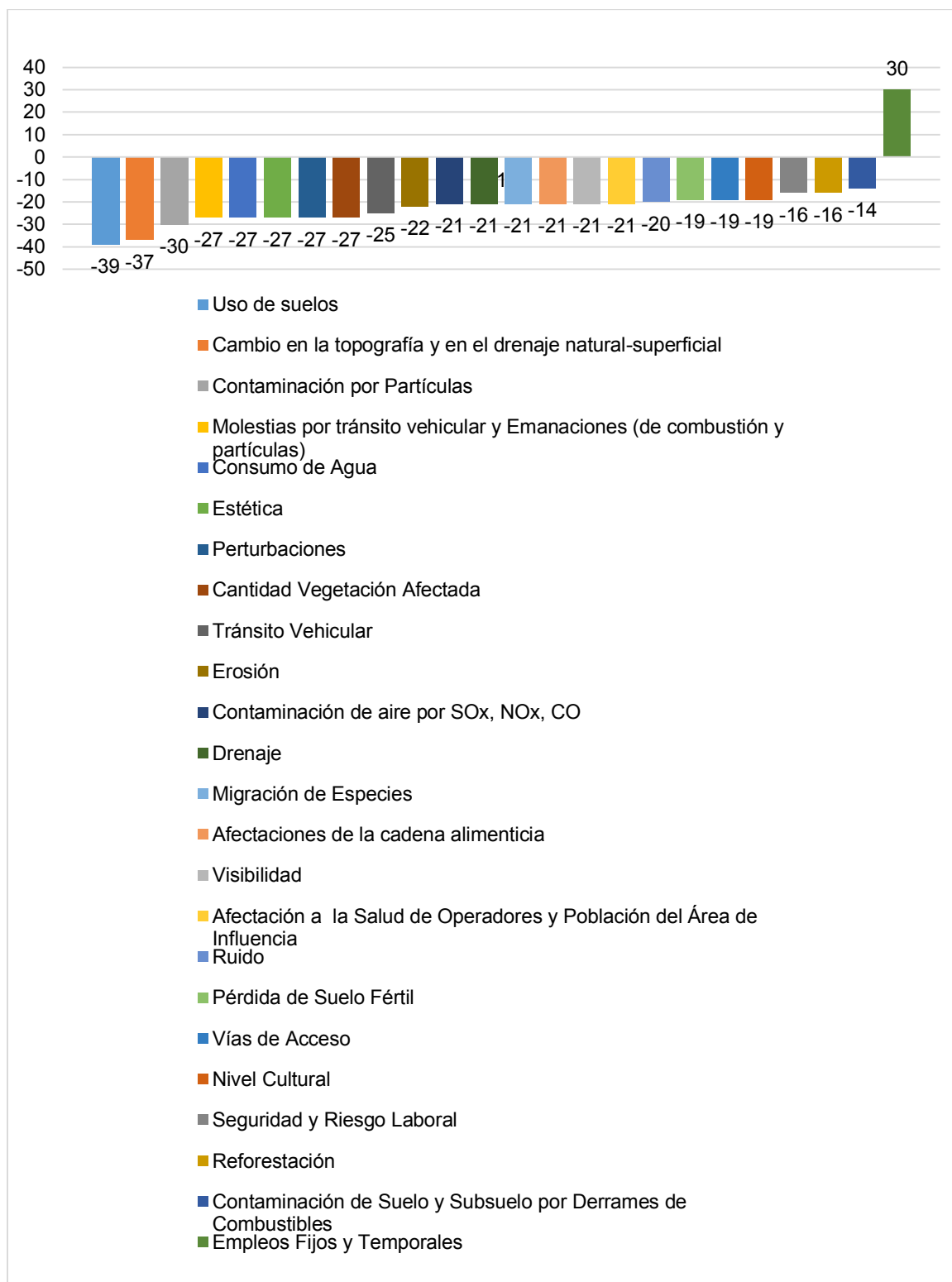
Este impacto se puede mitigar siguiendo siempre la norma **“DISPOSICIONES PARA EL CONTROL CONTAMINACIÓN PROVENIENTES DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS, INDUSTRIALES Y AGROPECUARIAS; DECRETO No. 33-95”**

Esta etapa es la que más goza de impactos positivos como lo es calidad de vida, desarrollo urbano, calidad del agua superficial y subterránea, entre otros impactos positivos (Obsérvese Gráfico 16).

Los valores finales de importancia de la matriz de impacto ambiental están en base a cinco principales factores como son: El grado de afectación o la Intensidad, el área de influencia o la extensión, el momento de ocurrencia, el tiempo que los efectos estarán presentes o la persistencia y la reversibilidad de los efectos.

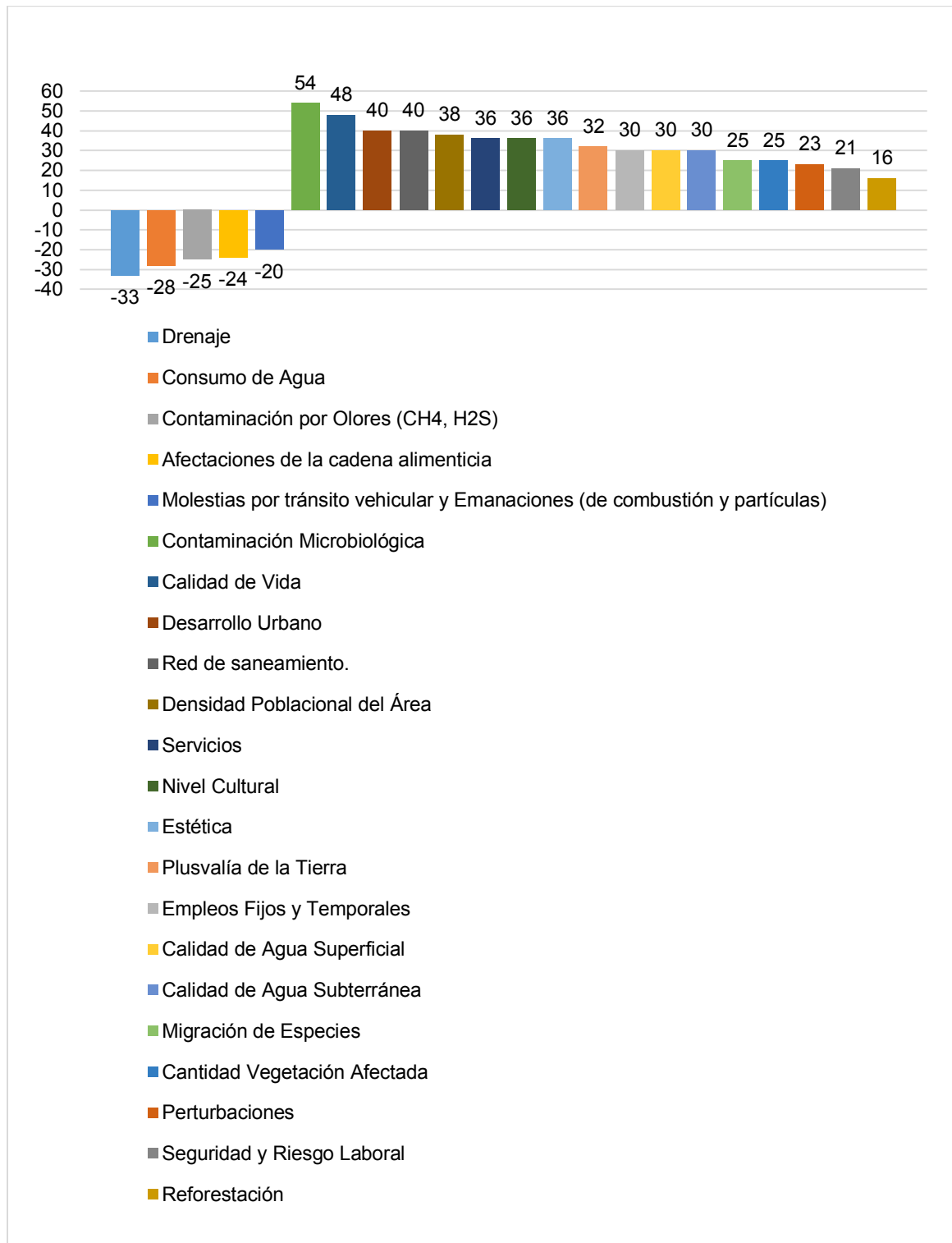
(Ver conjunto de matrices de evaluación de impactos ambientales en Anexo VI)

Gráfico 15 Comparación de los impactos positivos y negativos generados por el proyecto en la etapa de construcción



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 16 Comparación de los impactos positivos y negativos generados por el proyecto en la etapa de operación



Fuente: Elaboración propia.

6.8. Costo y presupuesto

Red de Alcantarillado Sanitario: C\$ 19, 179,707.85 (Diecinueve millones, ciento setenta y nueve mil, setecientos siete córdobas con ochenta y cinco centavos), que equivalen a US\$ 661,825.67 (seiscientos sesenta y un mil ochocientos veinticinco dólares con sesenta y siete centavos). Aplicando la tasa de cambio actual (28.98) Octubre 2016. (Ver memoria de cálculos en Anexo VII, Tabla 44)

Alternativa 1 (Tanque Imhoff + Biofiltro): C\$ 11, 466,794.21 (Once millones, cuatrocientos sesenta y seis mil, setecientos noventa y cuatro córdobas con veintiún centavos), que equivalen a US\$ 395,679.58 (trescientos noventa y cinco mil, seiscientos setenta y nueve dólares con cincuenta y ocho centavos). (Ver memoria de cálculos en Anexo VII, Tabla 48, Tabla 49)

Alternativa 2 Laguna facultativa primaria + laguna aerobia secundaria: C\$ 15, 417,048.94 (Quince millones, cuatrocientos diecisiete mil, cuarenta y ocho córdobas con noventa y cuatro centavos), que equivalen a US\$ 531,989.27 (quinientos treinta y un mil, novecientos ochenta y nueve dólares con veinte y siete centavos). (Ver memoria de cálculos en Anexo VII, Tabla 51 y Tabla 52)

El costo total de la obra Red + Alternativa 1 es de: C\$ 43, 216,504.21 (cuarenta y tres millones, doscientos dieciséis mil, quinientos cuatro córdobas con veintiún centavos) que equivalen a US\$ 1, 491,252.73 (un millón, cuatrocientos noventa y un mil, doscientos cincuenta y dos dólares con setenta y tres).

Tabla 21 Costos totales de la obra

Sistema Seleccionado (Tanque Imhoff + Biofiltro)	Costo	
	Total	Per cápita
Red	C\$ 19,179,707.85	C\$ 3,456.43
Operación y Mantenimiento de la Red	C\$ 924,443.41	C\$ 166.60
Planta de Tratamiento	C\$ 11,466,794.21	C\$ 2,066.46
Operación y Mantenimiento de planta de Tratamiento	C\$ 10,499,558.74	C\$ 1,892.15
Costo del terreno para planta de Tratamiento	C\$ 1,146,000.00	C\$ 206.52
TOTAL	C\$ 43,216,504.21	C\$ 7,788.16
	\$1,491,252.73	\$268.74

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Mediante la encuesta realizada casa a casa se pudo evidenciar que la población expresa una gran aceptación al diseño de este proyecto, ya que está de acuerdo en que se reducirían las enfermedades producidas por vectores, no será una carga económica fuerte y mejorará la apariencia estética de la localidad (libre de charcas y corrientes de aguas servidas por las cunetas).

La red se diseñó para que funcionase completamente por gravedad aprovechando las condiciones topografías existentes del terreno. La pendiente mínima es de 0.44%, la máxima es de 10.64%. Permitiendo velocidades de diseño las cuales cumplen con los valores, en los casos donde no cumplen esta condición se revisa por tensión de arrastre, cumpliendo lo establecido por INAA.

La calidad del agua residual de la localidad resultó ser tipo doméstica, la cual se caracteriza por su alto contenido de materia orgánica biodegradable.

Tomando en cuenta las características presentes en el suelo donde estaría ubicada la planta se determina que: el suelo natural limoso presenta baja resistencia mecánica y moderada a alta plasticidad, por lo que no es apto para ser usado como material de cimentación. Este deberá ser extraído y reemplazado por material selecto proveniente de los bancos de material certificado existentes en la zona.

Se diseñaron dos propuestas como alternativas de tratamiento: Alternativa 1 – Tanque Imhoff más Biofiltro, Alternativa 2 – Laguna facultativa primaria más laguna aerobia secundaria. Se seleccionó la primera alternativa debido a que esta presentaba menores costes de construcción, mantenimiento y operación, además requiere una menor área para la instalación de las infraestructuras.

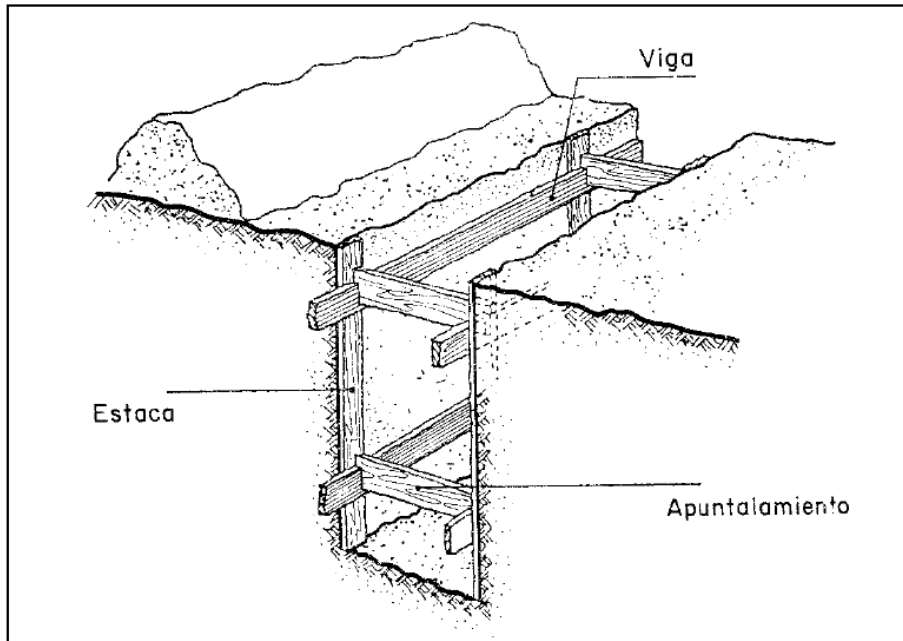
El costo total de la obra (Red + Alternativa 1) será de C\$ 43, 216,504.21 equivalentes a \$ 1, 491, 252.73. El costo per cápita es de C\$ 7, 788.16 equivalente a \$ 268.74. Al presupuestar las dos alternativas se observó una reducción de costos del 34.45% de la alternativa 1 con respecto a la alternativa 2.

Los impactos ambientales que se generarán por la construcción de la obra son en su gran mayoría temporales, ya que una vez que concluyan los trabajos de ejecución, estos desaparecerán, los beneficios ambientales, de salud para los habitantes serán permanentes y significativos. Así que se puede decir que esta obra será más un progreso ambiental y no un retroceso.

RECOMENDACIONES

1. Presentar este diseño en una asamblea o cabildo dando a conocer a la población la viabilidad y los múltiples beneficios que traería la ejecución de un proyecto de este tipo en la localidad. Haciendo participe a la población se pueden reducir los costos de mano de obra. Ya que se puede evidenciar en la encuesta que la población tiene una gran aceptación por este proyecto y que está dispuesta a aportar con mano de obra.
2. Emplear personal capacitado para la dirección y ejecución de este proyecto.
3. Por ningún motivo deben de conectarse las aguas pluviales al sistema de recolección de aguas residuales.
4. Hacer un estudio geotécnico en las calles y avenidas de la localidad. Para verificar el tipo de suelo y determinar si es necesario hacer uso de entibado o tablestacado en zanjas.
5. El material excavado deberá ser colocado a una distancia tal que no comprometa la estabilidad de la zanja y que no propicie su regreso a la misma, sugiriéndose una distancia del borde de la zanja equivalente a la profundidad del tramo no entibado, no menor de 30 cm.
6. Tanto la propia excavación como el asentamiento de la tubería deberán ejecutarse en un ritmo tal que no permanezcan cantidades excesivas de material excavado en el borde de la zanja, lo que dificultaría el tráfico de vehículos y de peatones.
7. Para las excavaciones de zanjas mayores a 2 mts de profundidad, es necesario el uso de entibado cerrado como se muestra a continuación.

Ilustración 1 Entibado cerrado



Fuente: OPS/CEPIS/05.165

8. Para la construcción de pozos de visita, es necesaria la señalización del perímetro, la supervisión constante y un acceso que facilite la entrada y salida; para los pozos mayores a 3 mts se sugiere el uso de apuntalamientos para seguridad y estabilización en las paredes de este.
9. En la operación y mantenimiento del tanque imhoff no se requiere personal altamente calificado.
10. La operación de este tratamiento requiere una constante remoción de las espumas, en la inversión del flujo de entrada para la distribución uniforme de los sólidos sedimentables en los extremos del digestor y en el drenaje periódico de los lodos digeridos.
11. Antes de poner en funcionamiento el tanque Imhoff, deberá ser llenado con agua limpia y si fuera posible, el tanque de digestión inoculado con lodo

proveniente de otra instalación similar para acelerar el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos encargados de la mineralización de la materia orgánica. Es aconsejable que la puesta en funcionamiento se realice en los meses de mayor temperatura para facilitar el desarrollo de los microorganismos en general.

12. Es aconsejable que durante los meses de verano se drene la mayor cantidad posible de lodos para proveer capacidad de almacenamiento y mineralización de los lodos en época de invierno.
13. Por ningún motivo debe drenarse la totalidad de lodos, siendo razonable descargar no más de 15% de volumen total o la cantidad que puede ser aceptado por un lecho de secado.
14. El drenaje de lodo debe ejecutarse lentamente para prevenir alteración en la capa de lodo fresco.
15. Toda la superficie de agua del sedimentador debe estar libre de la presencia de sólidos flotantes, espumas, grasas y materiales asociados a las aguas residuales, así como de material adherido a las paredes de concreto y superficies metálicas con el cual los sólidos están en contacto, este debe ser removido con el propósito de no afectar la calidad de los efluentes, por lo que ésta actividad debe recibir una atención diaria retirando todo el material existente en la superficie de agua del sedimentador. La recolección del material flotante se efectúa con un desnatador. La versión común de esta herramienta consiste de una paleta cuadrada de 0,45 x 0,45 m construida con malla de $\frac{1}{4}$ " de abertura y acoplada a un listón de madera.
16. Es importante determinar constantemente el nivel de lodos para programar su drenaje en el momento oportuno, por lo menos una vez al mes.

17. Para conocer el nivel de lodos se usa una sonda, la que hace descender cuidadosamente a través de la zona de ventilación de gases, hasta que se aprecie que la lámina de la sonda toca sobre la capa de los lodos; este sondeo debe verificarse cada mes, según la velocidad de acumulación que se observe.
18. Los lodos digeridos se extraen de la cámara de digestión abriendo lentamente la válvula de la línea de lodos y dejándolos escurrir hacia los lechos de secado.
19. Los lodos deben extraerse lentamente, para evitar que se apilen en los lechos de secado, procurando que se destruyan uniformemente en la superficie de tales lechos.
20. Para el buen desarrollo y mantenimiento de este proyecto se sugiere utilizar las siguientes normativas técnicas (Especificaciones Técnicas para la Construcción de Sistemas de Alcantarillado OPS/CEPIS/05.165 UNATSABAR, Guía para la operación de tanque sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización OPS/CEPIS/05.168 UNATSABAR, Manual de mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario elaborado por INAA, Ing. Carlos Espinoza García, (Enero 2005)).

BIBLIOGRAFÍA

1. Alcaldía del poder de la familia y la comunidad del municipio de Pueblo Nuevo. Visitado el día 8 de Febrero del 2016.
2. Centro de salud con camas “Monseñor Julio Cesar Videá”. Visitado en Mayo del 2016.
3. 2009, EPM, Guía Para el diseño hidráulico de redes de alcantarillado. Medellín.
4. Fabián Yáñez PhD. Lagunas de Estabilización. Lima - Perú.
5. 2002. Ing. Ricardo Rojas, Organización mundial de la Salud - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. Conferencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.
6. PRODEMU/DANIDA - INIFOM, Ing. Ramón Antonio Morales S Director de la Alcaldía Municipal de Pueblo Nuevo. Caracterización municipal de Pueblo Nuevo.
7. 2004, Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Ente Regulador. Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. Managua.
8. 2007, MSc. Arq. Benjamín Rosales Rivera, UNI – Dirección de posgrados. CURSO EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. Managua.
9. 2005, Organización Mundial de la Salud - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES . Lima.

- 10.2005, Organización mundial de la Salud - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. GUIA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACION. Lima.
- 11.2005, Organización Mundial de la Salud - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. GUÍAS PARA EL DISEÑO DE TECNOLOGÍAS DE ALCANTARILLADO. Lima.
- 12.2005, Organización Panamericana de la Salud - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO. Lima.
- 13.2005, Organización Panamericana de la Salud - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. GUIA PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN. Lima.

Anexo I – Especificaciones técnicas y criterios de diseño

Tabla 21 Dotación de Agua

Rango de población	Dotación L/hab/día
0 – 5,000	100
5,000 – 10,000	105
10,000 – 15,000	110
15,000 – 20,000	120
20,000 – 30,000	130
30,000 – 50,000	150

Fuente: INAA

Tabla 22 Porcentaje de dotación

Consumo	Porcentaje
Comercial	7
Público o institucional	7
Industrial	2

Fuente: INAA

Tabla 23 Periodo de diseño económico para la estructura de los sistemas

Tipo de estructuras	Características especiales	Período de diseño/años
Colectores principales Emisarios de descarga	Difíciles y costosos de agrandar	10 a 50
Tuberías secundarias hasta ϕ 375 mm		25 o más
Planta de tiramiento de aguas servidas	Pueden desarrollarse por etapas. Deben considerarse las tasas de interés por los fondos a invertir.	10 a 25
Edificaciones y estructuras de concreto		50
Equipos de bombeo:		
a) De gran tamaño		10 a 25
b) Normales		10 a 15

Fuente: INAA

Tabla 24 Relación entre diámetro de las partículas y velocidades de sedimentación

Material	ϕ Limite de las partículas (cm)	# de Reynolds	Vs	Régimen	Ley Aplicable
Grava	>1.0	>10 000	100	Turbulento	$V_s = 1.82 \sqrt{dg \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} \right)}$ Newton
Arena Gruesa	0.100 0.080 0.050 0.050 0.040 0.030 0.020 0.015	1 000 600 180 27 17 10 4 2	10.0 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Transición	$V_s = 0.22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left[\frac{d}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right]$ Allen
Arena Fina	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002 0.001	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06 0.015	Laminar	$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2$ Stokes

Fuente: OPS/CEPIS

Tabla 25 Criterios, dimensiones y caudales de canales parshall

Ahogamiento		Hb/Ha < 60 %			Hb/Ha < 70 %								
Ln		7	15	22	30	45	60	90	120	150	180	210	240
W (cm)		7.6	15.2	22.9	30.5	45.7	61	91.5	121.9	152.4	182.9	213.4	243.8
A (cm)		46.7	62.1	88	137.2	144.8	152.4	167.6	182.9	198.1	213.4	228.6	243.8
2/3 A (cm)		31.1	41.4	58.7	91.4	96.5	101.6	11.8	121.9	132.1	142.3	152.4	162.6
Wc cm		19.8	31.5	46	66.5	83.6	120.3	135.3	169.8	204.3	238.8	273.3	307.7
B cm		45.7	61	86.4	134.3	134.3	149.5	164.5	179.4	194.3	209.2	224.2	239.1
C cm		17.8	39.4	38.1	61	76.2	91.4	121.9	152.4	182.9	213.4	243.8	274.3
D cm		25.9	39.7	57.5	84.5	102.6	149.9	157.2	193.7	230.2	266.7	333.2	339.7
E cm		61	61	76.2	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4
F cm		15.2	30.5	30.5	61	61	61	61	61	61	61	61	61
G cm		30.5	61	45.7	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91
K cm		2.5	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
N cm		5.7	11.4	11.4	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
R cm		40.6	40.6	40.6	50.8	50.8	50.8	50.8	61	61	61	61	61
M cm		30.5	30.5	30.5	38.1	38.1	38.1	38.1	45.7	45.7	45.7	45.7	45.7
P cm		76.8	90.2	108	149.2	167.6	185.4	222.3	171.1	308	344.2	381	417.2
X cm		2.5	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Y cm		3.8	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Caudal de Flujo Libre	Mínimo	0.001	0.0014	0.0025	0.0031	0.0042	0.0119	0.0173	0.0368	0.0453	0.0736	0.085	0.0991
	Máximo	0.0538	0.1104	0.252	0.4559	0.6966	0.9373	1.4272	1.9227	2.4239	2.9308	3.4377	3.9502

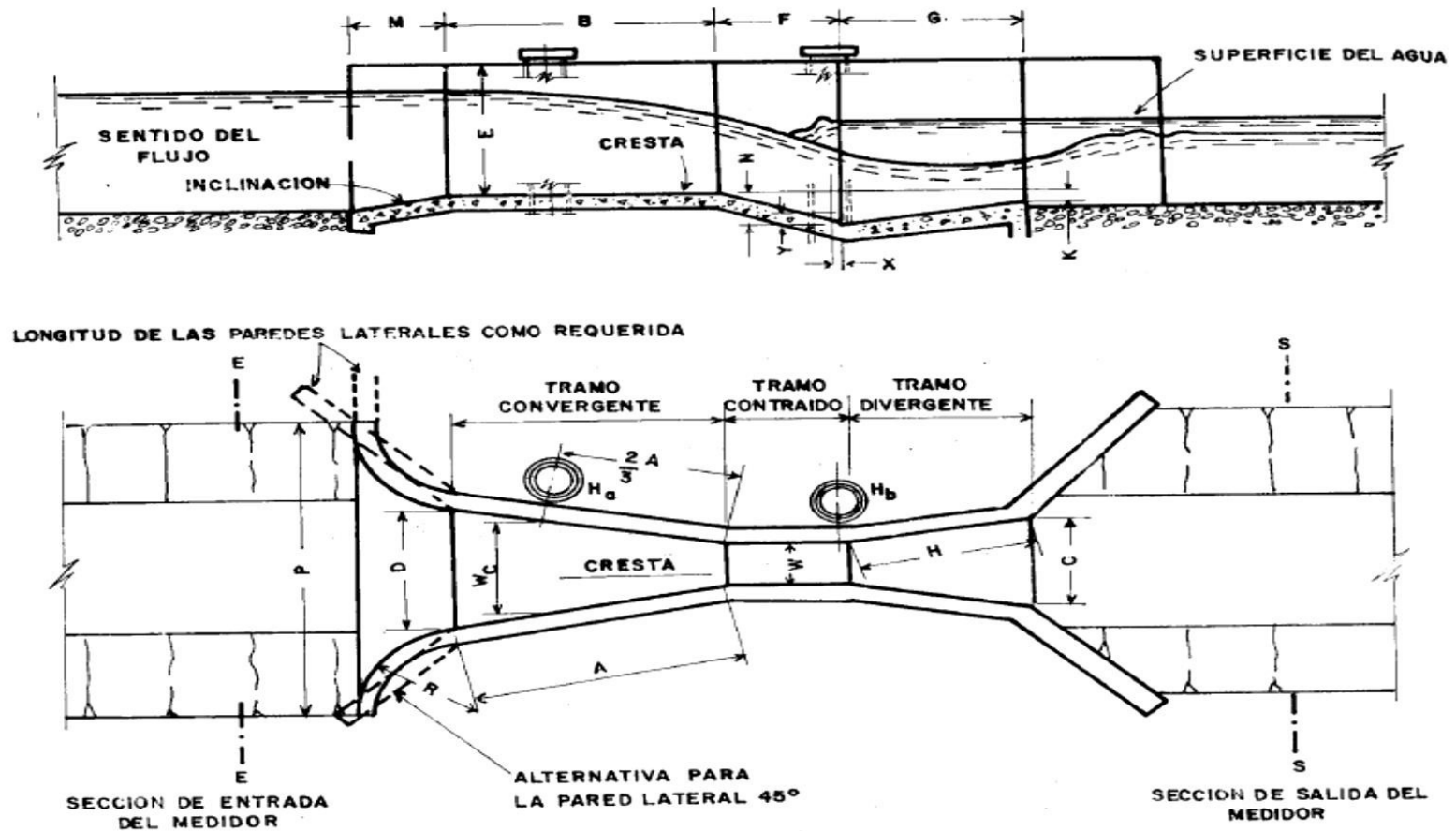
Fuente: OPS/CEPIS

Tabla 26 Valores de calibración “K” y “n” para medidor parshall

VALORES DE CALIBRACIÓN		
W cm	k	n
7.6	0.1765	1.547
15.2	0.381	1.58
22.9	0.535	1.53
30.5	0.69	1.522
45.7	1.054	1.538
61	1.426	1.55
92.5	2.182	1.556
122	2.935	1.578
152.5	3.728	1.587
183.2	4.515	1.595
213.5	5.306	1.601
244	6.101	1.606
30 - 240	$Q = 0.372 * W(3.281Ha)^{1.568}W^{0.026}$	
Nota: Los coeficientes de la ecuación anterior son K y n, siendo "n" los que se encuentran en forma exponencial		

Fuente: OPS/CEPIS

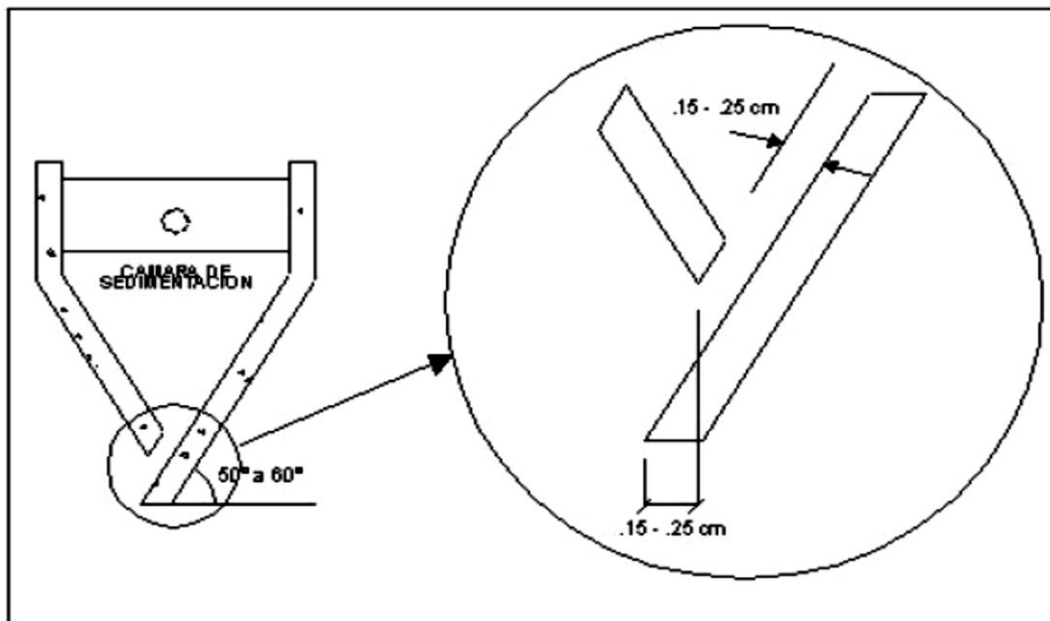
Figura 9 Medidor parshall



+

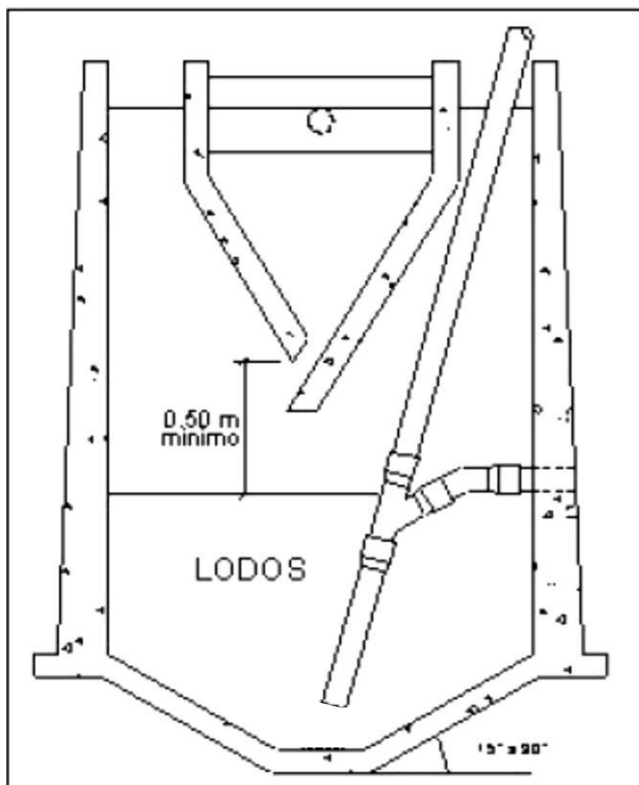
Fuente: OPS/CEPIS

Figura 10 Cámara de sedimentación tanque Imhoff



Fuente: OPS/CEPIS

Figura 11 Cámara de digestión de los lodos del Tanque Imhoff



Fuente: OPS/CEPIS

ANEXO II - Red de alcantarillado Pueblo Nuevo

Tabla 27 Cálculo de caudales de diseño

N° TRAMO	DISP.		L TRAMO		POBLACIÓN		HARMON		CAUDALES					
	DEL N°	AL N°	SERV (m)	ACUM (m)	SERV (hab)	ACUM (hab)	CALC	Hd	(lps)	(lps)	(lsp)	Qmax (lps)	(lps)	(m³/s)
COLECTORA "A"														
1	2	1	88.60	88.60	57	57	3.20	3	0.0554	0.0030	0.0111	0.1663	0.1928	0.0002
2	1	30	55.96	144.56	38	95	3.20	3	0.0924	0.0048	0.0185	0.2771	0.3212	0.0003
3	31	30	85.81	85.81	58	58	3.20	3	0.0567	0.0029	0.0113	0.1700	0.1969	0.0002
4	30	29	93.71	324.08	64	217	3.20	3	0.2112	0.0108	0.0422	0.6337	0.7343	0.0007
5	32	29	81.95	81.95	42	42	3.20	3	0.0408	0.0027	0.0082	0.1225	0.1426	0.0001
6	29	28	78.52	484.55	61	320	3.20	3	0.3114	0.0162	0.0623	0.9341	1.0826	0.0011
7	33	28	78.92	78.92	37	37	3.20	3	0.0360	0.0026	0.0072	0.1079	0.1258	0.0001
8	28	27	75.15	638.62	56	413	3.20	3	0.4018	0.0213	0.0804	1.2054	1.3974	0.0014
9	34	27	76.61	76.61	68	68	3.20	3	0.0661	0.0026	0.0132	0.1983	0.2289	0.0002
10	27	26	85.43	800.66	75	556	3.20	3	0.5408	0.0267	0.1082	1.6224	1.8789	0.0019
11	35	26	76.23	76.23	67	67	3.20	3	0.0651	0.0025	0.0130	0.1954	0.2256	0.0002
12	26	25	82.86	959.75	73	696	3.20	3	0.6768	0.0320	0.1354	2.0303	2.3499	0.0023
13	26	58	11.10	11.10	17	17	3.20	3	0.0165	0.0004	0.0033	0.0496	0.0570	0.0001
14	58	59	89.38	100.48	33	50	3.20	3	0.0486	0.0033	0.0097	0.1458	0.1698	0.0002
15	59	60	57.16	157.64	32	82	3.20	3	0.0801	0.0053	0.0160	0.2403	0.2795	0.0003
16	60	61	57.04	214.68	34	116	3.20	3	0.1131	0.0072	0.0226	0.3394	0.3947	0.0004
17	61	55	73.20	287.88	32	149	3.20	3	0.1446	0.0096	0.0289	0.4338	0.5049	0.0005
18	25	54	74.54	362.42	81	230	3.20	3	0.2233	0.0121	0.0447	0.6699	0.7769	0.0008
19	54	55	22.16	981.91	19	715	3.20	3	0.6952	0.0327	0.1390	2.0857	2.4139	0.0024
20	55	56	52.97	1034.88	16	731	3.20	3	0.7110	0.0345	0.1422	2.1329	2.4696	0.0025
21	56	57	23.92	1421.22	32	993	3.20	3	0.9657	0.0474	0.1931	2.8972	3.3550	0.0034
22	57	63	97.80	1519.02	0	993	3.20	3	0.9657	0.0506	0.1931	2.8972	3.3583	0.0034

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II - Red de alcantarillado Pueblo Nuevo

Tabla 27 Cálculo de caudales de diseño

N° TRAMO	DISP.		L TRAMO		POBLACIÓN		HARMON		CAUDALES					
	DEL N°	AL N°	SERV (m)	ACUM (m)	SERV (hab)	ACUM (hab)	CALC	Hd	Qm (lps)	Qinf (lps)	Qmin (lsp)	Qmax (lps)	Qd (lps)	Qd (m³/s)
COLECTORA "B"														
23	25	24	77.24	77.24	45	45	3.20	3	0.044	0.0026	0.0088	0.1322	0.1535	0.0002
24	62	24	36.26	36.26	25	25	3.20	3	0.024	0.0012	0.0049	0.0729	0.0845	0.0001
25	35	24	88.66	88.66	65	65	3.20	3	0.063	0.0030	0.0126	0.1888	0.2185	0.0002
26	24	23	82.55	284.71	44	179	3.20	3	0.174	0.0095	0.0348	0.5223	0.6058	0.0006
27	41	42	75.88	75.88	65	65	3.20	3	0.063	0.0025	0.0126	0.1888	0.2181	0.0002
28	45	42	97.29	97.29	75	75	3.20	3	0.073	0.0032	0.0146	0.2188	0.2530	0.0003
29	38	42	94.74	94.74	59	59	3.20	3	0.057	0.0032	0.0115	0.1721	0.1996	0.0002
30	42	43	99.23	367.14	75	274	3.20	3	0.266	0.0122	0.0532	0.7984	0.9238	0.0009
31	46	43	93.74	93.74	78	78	3.20	3	0.076	0.0031	0.0152	0.2275	0.2629	0.0003
32	39	43	99.19	99.19	69	69	3.20	3	0.067	0.0033	0.0134	0.2013	0.2331	0.0002
33	43	21	68.80	628.87	55	476	3.20	3	0.463	0.0210	0.0925	1.3877	1.6052	0.0016
34	13	14	79.20	79.20	88	88	3.20	3	0.086	0.0026	0.0171	0.2567	0.2957	0.0003
35	45	14	79.16	79.16	74	74	3.20	3	0.072	0.0026	0.0144	0.2158	0.2490	0.0002
36	14	65	73.94	232.30	48	210	3.20	3	0.204	0.0077	0.0408	0.6125	0.7070	0.0007
37	65	15	38.60	270.90	38	248	3.20	3	0.241	0.0090	0.0482	0.7233	0.8348	0.0008
38	15	16	18.23	289.13	25	273	3.20	3	0.265	0.0096	0.0531	0.7963	0.9187	0.0009
39	46	16	67.30	67.30	32	32	3.20	3	0.031	0.0022	0.0063	0.0944	0.1100	0.0001
40	16	17	81.21	437.64	89	394	3.20	3	0.383	0.0146	0.0767	1.1503	1.3279	0.0013
41	17	18	35.14	472.78	43	437	3.20	3	0.425	0.0158	0.0850	1.2757	1.4722	0.0015
42	45	64	32.55	32.55	28	28	3.20	3	0.027	0.0011	0.0054	0.0803	0.0927	0.0001
43	64	46	75.23	107.78	68	95	3.20	3	0.093	0.0036	0.0186	0.2785	0.3216	0.0003
44	46	18	61.53	169.31	87	183	3.20	3	0.178	0.0056	0.0356	0.5335	0.6147	0.0006
45	18	19	18.06	660.15	18	638	3.20	3	0.621	0.0220	0.1241	1.8617	2.1475	0.0021

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II - Red de alcantarillado Pueblo Nuevo

Tabla 27 Cálculo de caudales de diseño

N° TRAMO	DISP.		L TRAMO		POBLACIÓN		HARMON		CAUDALES					
	DEL N°	AL N°	SERV (m)	ACUM (m)	SERV (hab)	ACUM (hab)	CALC	Hd	Qm (lps)	Qinf (lps)	Qmin (lsp)	Qmax (lps)	Qd (lps)	Qd (m³/s)
46	19	20	32.60	692.75	16	654	3.20	3	0.636	0.0231	0.1273	1.9089	2.2025	0.0022
47	20	21	40.55	733.30	42	697	3.20	3	0.677	0.0244	0.1354	2.0317	2.3439	0.0023
48	21	66	51.28	1413.45	39	1211	3.20	3	1.178	0.0471	0.2355	3.5331	4.0808	0.0041
49	66	22	51.28	1464.73	39	1250	3.20	3	1.216	0.0488	0.2431	3.6469	4.2123	0.0042
50	6	7	78.69	78.69	42	42	3.20	3	0.041	0.0026	0.0082	0.1225	0.1425	0.0001
51	49	7	57.07	57.07	73	73	3.20	3	0.071	0.0019	0.0142	0.2124	0.2444	0.0002
52	50	8	14.13	14.13	19	19	3.20	3	0.018	0.0005	0.0037	0.0554	0.0637	0.0001
53	8	7	100.00	114.13	75	94	3.20	3	0.091	0.0038	0.0183	0.2742	0.3168	0.0003
54	7	10	77.79	327.68	80	289	3.20	3	0.281	0.0109	0.0562	0.8424	0.9727	0.0010
55	8	9	69.75	69.75	51	51	3.20	3	0.050	0.0023	0.0099	0.1488	0.1721	0.0002
56	9	10	90.34	160.09	83	134	3.20	3	0.130	0.0053	0.0261	0.3908	0.4515	0.0005
57	10	4	89.84	577.61	96	519	3.20	3	0.504	0.0193	0.1009	1.5133	1.7469	0.0017
58	4	40	76.11	76.11	65	65	3.20	3	0.063	0.0025	0.0126	0.1896	0.2190	0.0002
59	10	11	84.71	84.71	97	97	3.20	3	0.094	0.0028	0.0189	0.2829	0.3258	0.0003
60	44	11	43.95	43.95	60	60	3.20	3	0.058	0.0015	0.0117	0.1750	0.2013	0.0002
61	11	40	92.93	221.59	58	215	3.20	3	0.209	0.0074	0.0418	0.6271	0.7233	0.0007
62	40	41	72.45	370.15	69	349	3.20	3	0.339	0.0123	0.0679	1.0179	1.1745	0.0012
63	11	12	63.51	63.51	67	67	3.20	3	0.065	0.0021	0.0130	0.1954	0.2252	0.0002
64	45	12	76.44	76.44	82	82	3.20	3	0.080	0.0025	0.0159	0.2392	0.2756	0.0003
65	13	12	75.31	75.31	79	79	3.20	3	0.077	0.0025	0.0154	0.2304	0.2656	0.0003
66	12	41	96.12	311.38	76	304	3.20	3	0.296	0.0104	0.0591	0.8867	1.0227	0.0010
67	41	37	87.68	769.21	70	723	3.20	3	0.703	0.0256	0.1406	2.1088	2.4331	0.0024
68	47	2	39.68	39.68	55	55	3.20	3	0.053	0.0013	0.0107	0.1604	0.1845	0.0002

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II - Red de alcantarillado Pueblo Nuevo

Tabla 27 Cálculo de caudales de diseño

N° TRAMO	DISP.		L TRAMO		POBLACIÓN		HARMON		CAUDALES					
	DEL N°	AL N°	SERV (m)	ACUM (m)	SERV (hab)	ACUM (hab)	CALC	Hd	Qm (lps)	Qinf (lps)	Qmin (lsp)	Qmax (lps)	Qd (lps)	Qd (m³/s)
69	2	31	59.88	99.56	58	113	3.20	3	0.110	0.0033	0.0220	0.3304	0.3805	0.0004
70	31	32	89.48	189.04	81	194	3.20	3	0.189	0.0063	0.0378	0.5664	0.6530	0.0007
71	32	37	78.72	267.76	72	266	3.20	3	0.259	0.0089	0.0518	0.7764	0.8953	0.0009
72	5	4	78.19	78.19	81	81	3.20	3	0.079	0.0026	0.0157	0.2361	0.2721	0.0003
73	4	3	80.06	735.86	89	689	3.20	3	0.670	0.0245	0.1339	2.0090	2.3181	0.0023
74	2	3	78.51	78.51	74	74	3.20	3	0.072	0.0026	0.0145	0.2172	0.2505	0.0003
75	48	3	99.89	99.89	103	103	3.20	3	0.100	0.0033	0.0200	0.3004	0.3463	0.0003
76	3	36	67.74	982.00	71	937	3.20	3	0.911	0.0327	0.1823	2.7343	3.1544	0.0032
77	40	36	83.78	83.78	89	89	3.20	3	0.087	0.0028	0.0173	0.2597	0.2992	0.0003
78	31	36	78.02	78.02	61	61	3.20	3	0.059	0.0026	0.0119	0.1779	0.2057	0.0002
79	36	37	80.87	1224.67	83	1170	3.20	3	1.138	0.0408	0.2275	3.4126	3.9369	0.0039
80	37	38	78.71	2340.35	82	2241	3.20	3	2.179	0.0780	0.4358	6.5370	7.5411	0.0075
81	32	33	79.57	79.57	83	83	3.20	3	0.081	0.0027	0.0161	0.2421	0.2790	0.0003
82	33	38	78.04	78.04	81	81	3.20	3	0.079	0.0026	0.0157	0.2361	0.2721	0.0003
83	38	39	89.89	2508.28	92	2414	3.20	3	2.347	0.0836	0.4695	7.0421	8.1234	0.0081
84	33	34	80.95	160.52	84	167	3.20	3	0.163	0.0054	0.0325	0.4876	0.5620	0.0006
85	34	39	77.68	238.20	80	247	3.20	3	0.240	0.0079	0.0481	0.7209	0.8310	0.0008
86	39	22	74.09	2820.57	75	2737	3.20	3	2.661	0.0940	0.5321	7.9818	9.2066	0.0092
87	34	35	81.43	81.43	81	81	3.20	3	0.079	0.0027	0.0157	0.2361	0.2722	0.0003
88	35	22	79.71	161.14	89	170	3.20	3	0.165	0.0054	0.0330	0.4957	0.5713	0.0006
89	22	23	97.04	4543.48	105	4262	3.20	3	4.144	0.1514	0.8287	12.4312	14.3438	0.0143
90	23	51	100.00	4928.19	95	4537	3.20	3	4.411	0.1643	0.8821	13.2320	15.2709	0.0153
91	51	52	55.40	4983.59	71	4608	3.20	3	4.480	0.1661	0.8960	13.4398	15.5099	0.0155
92	52	53	10.34	4993.93	16	4624	3.20	3	4.496	0.1665	0.8991	13.4870	15.5641	0.0156
93	53	63	97.81	5091.74	0	4624	3.20	3	4.496	0.1697	0.8991	13.4870	15.5674	0.0156

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II - Red de alcantarillado Pueblo Nuevo

Tabla 28 Cálculos topográficos

N° TRAMO	DISPISIT.		ELEV. TERRENO		L TRAMO (m)	S TERRENO (%)	Ø TUBO (m)	ELEVACIONES (m)				S TUBO (%)	H DE EXC.		V. EXC. ZANJA (m³)
	DEL N°	AL N°	A. AR.	A. AB				CORONA		INVERT			A. AR. (m)	A. AB. (m)	
								A. AR.	A. AB	A. AR.	A. AB.				
COLECTORA "A"															
1	2	1	102.480	99.979	88.60	2.82%	0.15	100.980	98.479	100.830	98.329	2.82%	1.65	1.65	87.71
2	1	30	99.979	98.680	55.96	2.32%	0.15	98.449	97.180	98.299	97.030	2.27%	1.68	1.65	55.90
3	31	30	99.474	98.680	85.81	0.93%	0.15	97.974	97.180	97.824	97.030	0.93%	1.65	1.65	84.95
4	30	29	98.680	97.285	93.71	1.49%	0.15	97.150	95.785	97.000	95.635	1.46%	1.68	1.65	93.62
5	32	29	97.895	97.285	81.95	0.74%	0.15	96.395	95.785	96.245	95.635	0.74%	1.65	1.65	81.13
6	29	28	97.285	96.206	78.52	1.37%	0.15	95.755	94.706	95.605	94.556	1.34%	1.68	1.65	78.44
7	33	28	97.013	96.206	78.92	1.02%	0.15	95.513	94.706	95.363	94.556	1.02%	1.65	1.65	78.13
8	28	27	96.206	94.670	75.15	2.04%	0.15	94.676	93.170	94.526	93.020	2.00%	1.68	1.65	75.07
9	34	27	95.368	94.670	76.61	0.91%	0.15	93.868	93.170	93.718	93.020	0.91%	1.65	1.65	75.84
10	27	26	94.670	93.599	85.43	1.25%	0.15	93.140	91.999	92.990	91.849	1.34%	1.68	1.75	87.91
11	35	26	93.835	93.599	76.23	0.31%	0.15	92.335	91.999	92.185	91.849	0.44%	1.65	1.75	77.75
12	26	25	93.599	93.499	82.86	0.12%	0.15	91.969	91.599	91.819	91.449	0.45%	1.78	2.05	95.21
13	26	58	93.599	93.466	11.10	1.20%	0.15	92.099	91.666	91.949	91.516	3.90%	1.65	1.95	11.99
14	58	59	93.466	89.455	89.38	4.49%	0.15	91.636	87.955	91.486	87.805	4.12%	1.98	1.65	97.33
15	59	60	89.455	89.100	57.16	0.62%	0.15	87.925	87.600	87.775	87.450	0.57%	1.68	1.65	57.10
16	60	61	89.100	88.139	57.04	1.68%	0.15	87.570	86.639	87.420	86.489	1.63%	1.68	1.65	56.98
17	61	55	88.139	89.842	73.20	-2.33%	0.15	86.609	85.842	86.459	85.692	1.05%	1.68	4.15	128.03
18	25	54	93.499	91.145	74.54	3.16%	0.15	91.569	89.645	91.419	89.495	2.58%	2.08	1.65	83.41
19	54	55	91.145	89.842	22.16	5.88%	0.15	89.615	88.342	89.465	88.192	5.74%	1.68	1.65	22.14
20	55	56	89.842	85.283	52.97	8.61%	0.15	85.812	83.783	85.662	83.633	3.83%	4.18	1.65	92.64
21	56	57	85.283	82.500	23.92	11.63%	0.15	82.753	81.000	82.603	80.850	7.33%	2.68	1.65	31.07
22	57	63	82.500	82.777	97.80	-0.28%	0.15	80.970	80.277	80.820	80.127	0.71%	1.68	2.65	127.04

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II - Red de alcantarillado Pueblo Nuevo

Tabla 28 Cálculos topográficos

N° TRAMO	DISPISIT.		ELEV. TERRENO		L TRAMO (m)	S TERRENO (%)	Ø TUBO (m)	ELEVACIONES (m)				S TUBO (%)	H DE EXC.		V. EXC. ZANJA (m³)
	DEL N°	AL N°	A. AR.	A. AB				CORONA		INVERT			A. AR. (m)	A. AB. (m)	
								A. AR.	A. AB	A. AR.	A. AB.				
COLECTORA "B"															
23	25	24	93.499	93.088	77.24	0.53%	0.15	91.999	91.588	91.849	91.438	0.53%	1.65	1.65	76.47
24	62	24	91.609	93.088	36.26	-4.08%	0.15	90.109	89.888	89.959	89.738	0.61%	1.65	3.35	54.39
25	35	24	93.835	93.088	88.66	0.84%	0.15	92.335	91.588	92.185	91.438	0.84%	1.65	1.65	87.77
26	24	23	93.088	89.745	82.55	4.05%	0.15	89.858	88.245	89.708	88.095	1.95%	3.38	1.65	124.57
27	41	42	97.634	94.683	75.88	3.89%	0.15	96.134	93.183	95.984	93.033	3.89%	1.65	1.65	75.12
28	45	42	101.604	94.683	97.29	7.11%	0.15	100.104	93.183	99.954	93.033	7.11%	1.65	1.65	96.32
29	38	42	95.612	94.683	94.74	0.98%	0.15	94.112	91.883	93.962	91.733	2.35%	1.65	2.95	130.74
30	42	43	94.683	92.248	99.23	2.45%	0.15	91.853	90.748	91.703	90.598	1.11%	2.98	1.65	137.83
31	46	43	94.865	92.248	93.74	2.79%	0.15	93.365	90.748	93.215	90.598	2.79%	1.65	1.65	92.80
32	39	43	93.229	92.248	99.19	0.99%	0.15	91.729	90.748	91.579	90.598	0.99%	1.65	1.65	98.20
33	43	21	92.248	90.777	68.80	2.14%	0.15	90.718	89.277	90.568	89.127	2.09%	1.68	1.65	68.73
34	13	14	100.575	96.073	79.20	5.68%	0.15	99.075	94.573	98.925	94.423	5.68%	1.65	1.65	78.41
35	45	14	101.604	96.073	79.16	6.99%	0.15	100.104	94.573	99.954	94.423	6.99%	1.65	1.65	78.37
36	14	65	96.073	92.238	73.94	5.19%	0.15	94.543	90.738	94.393	90.588	5.15%	1.68	1.65	73.87
37	65	15	92.238	91.360	38.60	2.27%	0.15	90.708	89.860	90.558	89.710	2.20%	1.68	1.65	38.56
38	15	16	91.360	90.842	18.23	2.84%	0.15	89.830	89.342	89.680	89.192	2.68%	1.68	1.65	18.21
39	46	16	94.865	90.842	67.30	5.98%	0.15	93.365	89.342	93.215	89.192	5.98%	1.65	1.65	66.63
40	16	17	90.842	90.105	81.21	0.91%	0.15	89.312	88.605	89.162	88.455	0.87%	1.68	1.65	81.13
41	17	18	90.105	90.000	35.14	0.30%	0.15	88.575	88.400	88.425	88.250	0.50%	1.68	1.75	36.16
42	45	64	101.604	100.645	32.55	2.95%	0.15	100.104	99.145	99.954	98.995	2.95%	1.65	1.65	32.22
43	64	46	100.645	94.865	75.23	7.68%	0.15	99.115	93.365	98.965	93.215	7.64%	1.68	1.65	75.15
44	46	18	94.865	90.000	61.53	7.91%	0.15	93.335	88.500	93.185	88.350	7.86%	1.68	1.65	61.47
45	18	19	90.000	90.864	18.06	-4.78%	0.15	88.370	88.264	88.220	88.114	0.59%	1.78	2.75	24.54

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II - Red de alcantarillado Pueblo Nuevo

Tabla 28 Cálculos topográficos

N° TRAMO	DISPISIT.		ELEV. TERRENO		L TRAMO (m)	S TERRENO (%)	Ø TUBO (m)	ELEVACIONES (m)				S TUBO (%)	H DE EXC.		V. EXC. ZANJA (m³)
	DEL N°	AL N°	A. AR.	A. AB				CORONA		INVERT			A. AR. (m)	A. AB. (m)	
								A. AR.	A. AB	A. AR.	A. AB.				
46	19	20	90.864	92.579	32.60	-5.26%	0.15	88.234	88.079	88.084	87.929	0.48%	2.78	4.65	72.67
47	20	21	92.579	90.777	40.55	4.44%	0.15	88.049	87.777	87.899	87.627	0.67%	4.68	3.15	95.25
48	21	66	90.777	90.016	51.28	1.48%	0.15	87.747	87.516	87.597	87.366	0.45%	3.18	2.65	89.69
49	66	22	90.016	90.725	51.28	-1.38%	0.15	87.486	87.225	87.336	87.075	0.51%	2.68	3.65	97.38
50	6	7	109.767	109.312	78.69	0.58%	0.15	108.267	107.812	108.117	107.662	0.58%	1.65	1.65	77.90
51	49	7	113.777	109.312	57.07	7.82%	0.15	112.277	107.812	112.127	107.662	7.82%	1.65	1.65	56.50
52	50	8	112.078	110.605	14.13	10.42%	0.15	110.578	109.105	110.428	108.955	10.42%	1.65	1.65	13.99
53	8	7	110.597	109.312	100.00	1.29%	0.15	109.067	107.812	108.917	107.662	1.26%	1.68	1.65	99.90
54	7	10	109.312	104.340	77.79	6.39%	0.15	107.782	102.840	107.632	102.690	6.35%	1.68	1.65	77.71
55	8	9	110.605	109.112	69.75	2.14%	0.15	109.105	107.612	108.955	107.462	2.14%	1.65	1.65	69.05
56	9	10	109.112	104.340	90.34	5.28%	0.15	107.582	102.840	107.432	102.690	5.25%	1.68	1.65	90.25
57	10	4	104.340	102.619	89.84	1.92%	0.15	102.810	101.119	102.660	100.969	1.88%	1.68	1.65	89.75
58	4	40	102.619	99.937	76.11	3.52%	0.15	101.119	98.437	100.969	98.287	3.52%	1.65	1.65	75.35
59	10	11	104.340	101.194	84.71	3.71%	0.15	102.840	99.694	102.690	99.544	3.71%	1.65	1.65	83.86
60	44	11	102.886	101.194	43.95	3.85%	0.15	101.386	99.694	101.236	99.544	3.85%	1.65	1.65	43.51
61	11	40	101.194	99.937	92.93	1.35%	0.15	99.664	98.437	99.514	98.287	1.32%	1.68	1.65	92.84
62	40	41	99.937	97.634	72.45	3.18%	0.15	98.407	96.134	98.257	95.984	3.14%	1.68	1.65	72.38
63	11	12	101.194	99.535	63.51	2.61%	0.15	99.694	98.035	99.544	97.885	2.61%	1.65	1.65	62.87
64	45	12	101.604	99.535	76.44	2.71%	0.15	100.104	98.035	99.954	97.885	2.71%	1.65	1.65	75.68
65	13	12	100.575	99.535	75.31	1.38%	0.15	99.075	98.035	98.925	97.885	1.38%	1.65	1.65	74.56
66	12	41	99.535	97.634	96.12	1.98%	0.15	98.005	96.134	97.855	95.984	1.95%	1.68	1.65	96.02
67	41	37	97.634	96.411	87.68	1.39%	0.15	96.104	94.911	95.954	94.761	1.36%	1.68	1.65	87.59
68	47	2	106.497	102.480	39.68	10.12%	0.15	104.997	100.980	104.847	100.830	10.12%	1.65	1.65	39.28
69	2	31	102.480	99.474	59.88	5.02%	0.15	100.950	97.974	100.800	97.824	4.97%	1.68	1.65	59.82

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II - Red de alcantarillado Pueblo Nuevo

Tabla 28 Cálculos topográficos

N° TRAMO	DISPOSIT.		ELEV. TERRENO		L TRAMO (m)	S TERRENO (%)	Ø TUBO (m)	ELEVACIONES (m)				S TUBO (%)	H DE EXC.		V. EXC. ZANJA (m³)
	DEL N°	AL N°	A. AR.	A. AB				CORONA		INVERT					
								A. AR.	A. AB	A. AR.	A. AB.				
70	31	32	99.474	97.895	89.48	1.76%	0.15	97.944	96.395	97.794	96.245	1.73%	1.68	1.65	89.39
71	32	37	97.895	96.411	78.72	1.89%	0.15	96.365	94.911	96.215	94.761	1.85%	1.68	1.65	78.64
72	5	4	109.072	102.619	78.19	8.25%	0.15	107.572	101.119	107.422	100.969	8.25%	1.65	1.65	77.41
73	4	3	102.619	102.363	80.06	0.32%	0.15	101.089	100.613	100.939	100.463	0.59%	1.68	1.90	85.98
74	2	3	102.480	102.363	78.51	0.15%	0.15	100.980	100.563	100.830	100.413	0.53%	1.65	1.95	84.79
75	48	3	112.994	102.363	99.89	10.64%	0.15	111.494	100.863	111.344	100.713	10.64%	1.65	1.65	98.89
76	3	36	102.363	98.839	67.74	5.20%	0.15	100.533	97.339	100.383	97.189	4.72%	1.98	1.65	73.77
77	40	36	99.937	98.839	83.78	1.31%	0.15	98.437	97.339	98.287	97.189	1.31%	1.65	1.65	82.94
78	31	36	99.474	98.839	78.02	0.81%	0.15	97.974	97.339	97.824	97.189	0.81%	1.65	1.65	77.24
79	36	37	98.839	96.411	80.87	3.00%	0.15	97.309	94.911	97.159	94.761	2.97%	1.68	1.65	80.79
80	37	38	96.411	95.612	78.71	1.02%	0.15	94.881	94.112	94.731	93.962	0.98%	1.68	1.65	78.63
81	32	33	97.895	97.013	79.57	1.11%	0.15	96.395	95.513	96.245	95.363	1.11%	1.65	1.65	78.77
82	33	38	97.013	95.612	78.04	1.80%	0.15	95.513	94.112	95.363	93.962	1.80%	1.65	1.65	77.26
83	38	39	95.612	93.229	89.89	2.65%	0.15	94.082	91.729	93.932	91.579	2.62%	1.68	1.65	89.80
84	33	34	97.013	95.368	80.95	2.03%	0.15	95.483	93.868	95.333	93.718	2.00%	1.68	1.65	80.87
85	34	39	95.368	93.229	77.68	2.75%	0.15	93.838	91.729	93.688	91.579	2.71%	1.68	1.65	77.60
86	39	22	93.229	90.725	74.09	3.38%	0.15	91.699	89.225	91.549	89.075	3.34%	1.68	1.65	74.02
87	34	35	95.368	93.835	81.43	1.88%	0.15	93.868	92.335	93.718	92.185	1.88%	1.65	1.65	80.62
88	35	22	93.835	90.725	79.71	3.90%	0.15	92.305	89.225	92.155	89.075	3.86%	1.68	1.65	79.63
89	22	23	90.725	89.745	97.04	1.01%	0.20	87.195	86.745	86.995	86.545	0.46%	3.73	3.20	218.56
90	23	51	89.745	84.191	100.00	5.55%	0.15	85.545	82.691	85.395	82.541	2.85%	4.35	1.65	180.00
91	51	52	84.191	82.772	55.40	2.56%	0.15	82.661	81.272	82.511	81.122	2.51%	1.68	1.65	55.34
92	52	53	82.772	82.719	10.34	0.51%	0.15	81.242	81.119	81.092	80.969	1.19%	1.68	1.75	10.64
93	53	63	82.719	82.777	97.81	-0.06%	0.15	81.089	80.277	80.939	80.127	0.83%	1.78	2.65	129.99

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II - Red de alcantarillado Pueblo Nuevo

Tabla 30 Cálculos hidráulicos

N° TRAMO	DISP.		S TUBO (%)	DIÁMETRO CALCULADO		D PROP (m)	ÁREA TUB. LL (m²)	RH (m)	CRITERIOS DE DISEÑO								0.25V²/2g (m)		Qmin/ QII	Rmin/RL (m)	Rmin (m)	f (N/m²)	s min (%)	
	DEL N°	AL N°		(mm)	(m)				(m)	PM (m)	QII (lps)	VII (m/s)	Q/QII (lps)	V/VII (m/s)	V (m/s)	d/D (%)	Yd (m)	CALC	PROP					Qmin=
																								1.5 (lps)
COLECTORA "A"																								
1	2	1	2.82%	20.89	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	37.00	2.09	0.01	0.28	⚠ 0.59	⚠ 4.90%	0.01	0.00	0.03	0.04	0.41	0.02	✓ 4.26	0.66%	
2	1	30	2.27%	26.36	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	33.16	1.88	0.01	0.34	✓ 0.64	⚠ 6.80%	0.01	0.01	0.03	0.05	0.41	0.02	✓ 3.42	0.66%	
3	31	30	0.93%	25.96	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	21.18	1.20	0.01	0.33	⚠ 0.40	⚠ 6.50%	0.01	0.00	0.03	0.10	0.73	0.03	✓ 2.48	0.37%	
4	30	29	1.46%	39.06	0.04	0.15	0.02	0.04	0.47	26.58	1.50	0.03	0.45	✓ 0.68	⚠ 11.20%	0.02	0.01	0.03	0.06	0.70	0.03	✓ 3.77	0.39%	
5	32	29	0.74%	23.96	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	19.00	1.07	0.01	0.32	⚠ 0.34	⚠ 6.10%	0.01	0.00	0.03	0.08	0.73	0.03	✓ 2.00	0.37%	
6	29	28	1.34%	45.91	0.05	0.15	0.02	0.04	0.47	25.45	1.44	0.04	0.51	✓ 0.73	⚠ 13.80%	0.02	0.01	0.03	0.06	0.70	0.03	✓ 3.46	0.39%	
7	33	28	1.02%	21.54	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	22.27	1.26	0.01	0.29	⚠ 0.37	⚠ 5.30%	0.01	0.00	0.03	0.07	0.70	0.03	✓ 2.65	0.39%	
8	28	27	2.00%	46.83	0.05	0.15	0.02	0.04	0.47	31.17	1.76	0.05	0.52	✓ 0.92	⚠ 14.10%	0.02	0.01	0.03	0.05	0.41	0.02	✓ 3.02	0.66%	
9	34	27	0.91%	27.55	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	21.02	1.19	0.01	0.35	⚠ 0.42	⚠ 7.10%	0.01	0.00	0.03	0.07	0.72	0.03	✓ 2.40	0.38%	
10	27	26	1.34%	56.46	0.06	0.15	0.02	0.04	0.47	25.45	1.44	0.07	0.60	✓ 0.86	⚠ 18.10%	0.03	0.01	0.03	0.06	0.69	0.03	✓ 3.37	0.40%	
11	35	26	0.44%	31.39	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	14.62	0.83	0.02	0.38	⚠ 0.31	⚠ 8.30%	0.01	0.00	0.03	0.10	0.73	0.03	✓ 1.18	0.37%	
12	26	25	0.45%	75.41	0.08	0.15	0.02	0.04	0.47	14.71	0.83	0.16	0.74	✓ 0.62	✓ 26.80%	0.04	0.00	0.03	0.10	0.73	0.03	✓ 1.20	0.37%	
13	26	58	3.90%	12.45	0.01	0.15	0.02	0.04	0.47	43.49	2.46	0.00	0.17	⚠ 0.42	⚠ 2.30%	0.00	0.00	0.03	0.03	0.37	0.01	✓ 5.31	0.73%	
14	58	59	4.12%	18.56	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	44.69	2.53	0.00	0.26	✓ 0.66	⚠ 4.40%	0.01	0.01	0.03	0.03	0.37	0.01	✓ 5.61	0.73%	
15	59	60	0.57%	32.43	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	16.60	0.94	0.02	0.39	⚠ 0.37	⚠ 8.80%	0.01	0.00	0.03	0.09	0.55	0.02	✓ 1.16	0.49%	
16	60	61	1.63%	30.29	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	28.13	1.59	0.01	0.37	⚠ 0.59	⚠ 8.00%	0.01	0.00	0.03	0.05	0.69	0.03	✓ 4.12	0.40%	
17	61	55	1.05%	36.10	0.04	0.15	0.02	0.04	0.47	22.54	1.27	0.02	0.42	⚠ 0.54	⚠ 10.00%	0.02	0.00	0.03	0.07	0.70	0.03	✓ 2.71	0.39%	
18	25	54	2.58%	35.83	0.04	0.15	0.02	0.04	0.47	35.38	2.00	0.02	0.42	✓ 0.84	⚠ 10.00%	0.02	0.01	0.03	0.04	0.41	0.02	✓ 3.89	0.66%	
19	54	55	5.74%	47.18	0.05	0.15	0.02	0.04	0.47	52.78	2.98	0.05	0.52	✓ 1.55	⚠ 14.30%	0.02	0.03	0.03	0.03	0.32	0.01	✓ 6.66	0.86%	
20	55	56	3.83%	51.34	0.05	0.15	0.02	0.04	0.47	43.10	2.44	0.06	0.56	✓ 1.36	⚠ 15.90%	0.02	0.02	0.03	0.03	0.37	0.01	✓ 5.21	0.73%	
21	56	57	7.33%	51.00	0.05	0.15	0.02	0.04	0.47	59.61	3.37	0.06	0.55	✓ 1.85	⚠ 15.80%	0.02	0.04	0.04	0.03	0.32	0.01	✓ 8.49	0.86%	
22	57	63	0.71%	79.06	0.08	0.15	0.02	0.04	0.47	18.54	1.05	0.18	0.77	✓ 0.81	✓ 28.50%	0.04	0.01	0.03	0.08	0.73	0.03	✓ 1.90	0.37%	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II - Red de alcantarillado Pueblo Nuevo

Tabla 30 Cálculos hidráulicos

N° TRAMO	DISP.		S TUBO (%)	DIÁMETRO CALCULADO		D PROP (m)	ÁREA TUB. LL (m²)	RH (m)	CRITERIOS DE DISEÑO								0.25V²/2g (m)		Qmin/ QII	Rmin/RLl (m)	Rmin (m)	f (N/m²)	S min (%)		
	DEL N°	AL N°		(mm)	(m)				(m)	(m²)	PM (m)	QII (lps)	VII (m/s)	Q/QII (lps)	V/VII (m/s)	V (m/s)	d/D (%)	Yd (m)	CALC					PROP	Qmin=
																									1.5 (lps)
COLECTORA "B"																									
23	25	24	0.53%	26.23	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	16.06	0.91	0.01	0.34	🚩 0.31	🚩 6.80%	0.01	0.00	0.03	0.09	0.73	0.03	✅ 1.43	0.37%		
24	62	24	0.61%	20.44	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	17.19	0.97	0.01	0.28	🚩 0.27	🚩 4.90%	0.01	0.00	0.03	0.09	0.73	0.03	✅ 1.63	0.37%		
25	35	24	0.84%	27.47	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	20.21	1.14	0.01	0.35	🚩 0.40	🚩 7.10%	0.01	0.00	0.03	0.07	0.72	0.03	✅ 2.22	0.38%		
26	24	23	1.95%	34.39	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	30.78	1.74	0.02	0.41	✅ 0.71	🚩 9.50%	0.01	0.01	0.03	0.05	0.67	0.03	✅ 4.80	0.41%		
27	41	42	3.89%	20.61	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	43.43	2.46	0.01	0.28	✅ 0.69	🚩 4.90%	0.01	0.01	0.03	0.03	0.65	0.02	✅ 9.30	0.42%		
28	45	42	7.11%	19.45	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	58.73	3.32	0.00	0.26	✅ 0.86	🚩 4.40%	0.01	0.01	0.03	0.03	0.63	0.02	✅ 16.49	0.43%		
29	38	42	2.35%	21.90	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	33.78	1.91	0.01	0.29	🚩 0.55	🚩 5.30%	0.01	0.00	0.03	0.04	0.67	0.03	✅ 5.78	0.41%		
30	42	43	1.11%	44.77	0.04	0.15	0.02	0.04	0.47	23.24	1.31	0.04	0.50	✅ 0.66	🚩 13.40%	0.02	0.01	0.03	0.06	0.70	0.03	✅ 2.88	0.39%		
31	46	43	2.79%	23.52	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	36.79	2.08	0.01	0.30	✅ 0.62	🚩 5.70%	0.01	0.00	0.03	0.04	0.67	0.03	✅ 6.86	0.41%		
32	39	43	0.99%	27.31	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	21.90	1.24	0.01	0.35	🚩 0.43	🚩 7.10%	0.01	0.00	0.03	0.07	0.70	0.03	✅ 2.56	0.39%		
33	43	21	2.09%	48.92	0.05	0.15	0.02	0.04	0.47	31.87	1.80	0.05	0.54	✅ 0.97	🚩 14.90%	0.02	0.01	0.03	0.05	0.67	0.03	✅ 5.15	0.41%		
34	13	14	5.68%	21.51	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	52.50	2.97	0.01	0.29	✅ 0.86	🚩 5.30%	0.01	0.01	0.03	0.03	0.63	0.02	✅ 13.17	0.43%		
35	45	14	6.99%	19.40	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	58.21	3.29	0.00	0.26	✅ 0.86	🚩 4.40%	0.01	0.01	0.03	0.03	0.63	0.02	✅ 16.19	0.43%		
36	14	65	5.15%	30.39	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	49.95	2.82	0.01	0.37	✅ 1.05	🚩 8.00%	0.01	0.01	0.03	0.03	0.65	0.02	✅ 12.31	0.42%		
37	65	15	2.20%	37.94	0.04	0.15	0.02	0.04	0.47	32.64	1.85	0.03	0.45	✅ 0.83	🚩 10.80%	0.02	0.01	0.03	0.05	0.67	0.03	✅ 5.40	0.41%		
38	15	16	2.68%	37.90	0.04	0.15	0.02	0.04	0.47	36.03	2.04	0.03	0.44	✅ 0.90	🚩 10.60%	0.02	0.01	0.03	0.04	0.67	0.03	✅ 6.58	0.41%		
39	46	16	5.98%	14.71	0.01	0.15	0.02	0.04	0.47	53.84	3.04	0.00	0.21	✅ 0.64	🚩 3.20%	0.00	0.01	0.03	0.03	0.63	0.02	✅ 13.85	0.43%		
40	16	17	0.87%	53.71	0.05	0.15	0.02	0.04	0.47	20.55	1.16	0.07	0.58	✅ 0.67	🚩 17.00%	0.03	0.01	0.03	0.07	0.72	0.03	✅ 2.29	0.38%		
41	17	18	0.50%	62.00	0.06	0.15	0.02	0.04	0.47	15.54	0.88	0.10	0.64	🚩 0.56	✅ 20.50%	0.03	0.00	0.03	0.10	0.73	0.03	✅ 1.34	0.37%		
42	45	64	2.95%	15.75	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	37.80	2.14	0.00	0.21	🚩 0.45	🚩 3.20%	0.00	0.00	0.03	0.04	0.65	0.02	✅ 7.05	0.42%		
43	64	46	7.64%	21.00	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	60.88	3.44	0.01	0.28	✅ 0.96	🚩 4.90%	0.01	0.01	0.03	0.02	0.63	0.02	✅ 17.71	0.43%		
44	46	18	7.86%	26.64	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	61.73	3.49	0.01	0.34	✅ 1.19	🚩 6.80%	0.01	0.02	0.03	0.02	0.63	0.02	✅ 18.21	0.43%		
45	18	19	0.59%	69.26	0.07	0.15	0.02	0.04	0.47	16.87	0.95	0.13	0.69	✅ 0.66	✅ 23.60%	0.04	0.01	0.03	0.09	0.73	0.03	✅ 1.57	0.37%		
46	19	20	0.48%	72.73	0.07	0.15	0.02	0.04	0.47	15.18	0.86	0.15	0.72	✅ 0.62	✅ 25.40%	0.04	0.00	0.03	0.10	0.73	0.03	✅ 1.28	0.37%		

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II - Red de alcantarillado Pueblo Nuevo

Tabla 30 Cálculos hidráulicos

N° TRAMO	DISP.		S TUBO (%)	DIÁMETRO CALCULADO		D PROP (m)	ÁREA TUB. LL (m²)	RH (m)	CRITERIOS DE DISEÑO								0.25V²/2g (m)		Qmin/ QII	Rmin/RL (m)	Rmin (m)	f (N/m²)	s min (%)
	DEL N°	AL N°		(mm)	(m)				PM (m)	QII (lps)	VII (m/s)	Q/QII (lps)	V/VII (m/s)	V (m/s)	d/D (%)	Yd (m)	CALC	PROP	Qmin= 1.5 (lps)				
47	20	21	0.67%	69.80	0.07	0.15	0.02	0.04	0.47	18.03	1.02	0.13	0.70	✓ 0.71	✓ 24.10%	0.04	0.01	0.03	0.08	0.73	0.03	✓ 1.80	0.37%
48	21	66	0.45%	92.59	0.09	0.15	0.02	0.04	0.47	14.78	0.84	0.28	0.86	✓ 0.72	✓ 35.30%	0.05	0.01	0.03	0.10	0.73	0.03	✓ 1.21	0.37%
49	66	22	0.51%	91.58	0.09	0.15	0.02	0.04	0.47	15.71	0.89	0.27	0.85	✓ 0.76	✓ 34.60%	0.05	0.01	0.03	0.10	0.73	0.03	✓ 1.36	0.37%
50	6	7	0.58%	25.11	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	16.74	0.95	0.01	0.33	⚠ 0.31	⚠ 6.50%	0.01	0.00	0.03	0.09	0.73	0.03	✓ 1.55	0.37%
51	49	7	7.82%	18.87	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	61.59	3.48	0.00	0.26	✓ 0.91	⚠ 4.40%	0.01	0.01	0.03	0.02	0.63	0.02	✓ 18.13	0.43%
52	50	8	10.42%	10.80	0.01	0.15	0.02	0.04	0.47	71.10	4.02	0.00	0.17	✓ 0.68	⚠ 2.30%	0.00	0.01	0.03	0.02	0.63	0.02	✓ 24.16	0.43%
53	8	7	1.26%	29.30	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	24.67	1.40	0.01	0.36	⚠ 0.50	⚠ 7.70%	0.01	0.00	0.03	0.06	0.70	0.03	✓ 3.25	0.39%
54	7	10	6.35%	32.93	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	55.50	3.14	0.02	0.40	✓ 1.26	⚠ 9.10%	0.01	0.02	0.03	0.03	0.63	0.02	✓ 14.72	0.43%
55	8	9	2.14%	21.09	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	32.22	1.82	0.01	0.28	⚠ 0.51	⚠ 4.90%	0.01	0.00	0.03	0.05	0.67	0.03	✓ 5.26	0.41%
56	9	10	5.25%	25.59	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	50.45	2.85	0.01	0.33	✓ 0.94	⚠ 6.50%	0.01	0.01	0.03	0.03	0.63	0.02	✓ 12.17	0.43%
57	10	4	1.88%	51.52	0.05	0.15	0.02	0.04	0.47	30.21	1.71	0.06	0.56	✓ 0.96	⚠ 16.00%	0.02	0.01	0.03	0.05	0.67	0.03	✓ 4.63	0.41%
58	4	40	3.52%	21.02	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	41.34	2.34	0.01	0.28	✓ 0.65	⚠ 4.90%	0.01	0.01	0.03	0.04	0.65	0.02	✓ 8.43	0.42%
59	10	11	3.71%	24.16	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	42.44	2.40	0.01	0.32	✓ 0.77	⚠ 6.10%	0.01	0.01	0.03	0.04	0.65	0.02	✓ 8.88	0.42%
60	44	11	3.85%	20.03	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	43.21	2.44	0.01	0.28	✓ 0.68	⚠ 4.90%	0.01	0.01	0.03	0.03	0.65	0.02	✓ 9.21	0.42%
61	11	40	1.32%	39.56	0.04	0.15	0.02	0.04	0.47	25.30	1.43	0.03	0.46	✓ 0.66	⚠ 11.40%	0.02	0.01	0.03	0.06	0.69	0.03	✓ 3.33	0.40%
62	40	41	3.14%	40.34	0.04	0.15	0.02	0.04	0.47	39.00	2.21	0.03	0.46	✓ 1.01	⚠ 11.60%	0.02	0.01	0.03	0.04	0.65	0.02	✓ 7.50	0.42%
63	11	12	2.61%	22.47	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	35.59	2.01	0.01	0.29	⚠ 0.58	⚠ 5.30%	0.01	0.00	0.03	0.04	0.67	0.03	✓ 6.42	0.41%
64	45	12	2.71%	24.08	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	36.23	2.05	0.01	0.32	✓ 0.66	⚠ 6.10%	0.01	0.01	0.03	0.04	0.67	0.03	✓ 6.65	0.41%
65	13	12	1.38%	26.94	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	25.88	1.46	0.01	0.34	⚠ 0.50	⚠ 6.80%	0.01	0.00	0.03	0.06	0.69	0.03	✓ 3.49	0.40%
66	12	41	1.95%	41.88	0.04	0.15	0.02	0.04	0.47	30.72	1.74	0.03	0.48	✓ 0.83	⚠ 12.20%	0.02	0.01	0.03	0.05	0.67	0.03	✓ 4.78	0.41%
67	41	37	1.36%	61.99	0.06	0.15	0.02	0.04	0.47	25.69	1.45	0.10	0.64	✓ 0.93	✓ 20.50%	0.03	0.01	0.03	0.06	0.69	0.03	✓ 3.43	0.40%
68	47	2	10.12%	16.17	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	70.06	3.96	0.00	0.24	✓ 0.95	⚠ 3.80%	0.01	0.01	0.03	0.02	0.63	0.02	✓ 23.46	0.43%
69	2	31	4.97%	24.25	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	49.09	2.78	0.01	0.32	✓ 0.89	⚠ 6.10%	0.01	0.01	0.03	0.03	0.65	0.02	✓ 11.88	0.42%
70	31	32	1.73%	36.18	0.04	0.15	0.02	0.04	0.47	28.97	1.64	0.02	0.43	✓ 0.70	⚠ 10.20%	0.02	0.01	0.03	0.05	0.69	0.03	✓ 4.37	0.40%

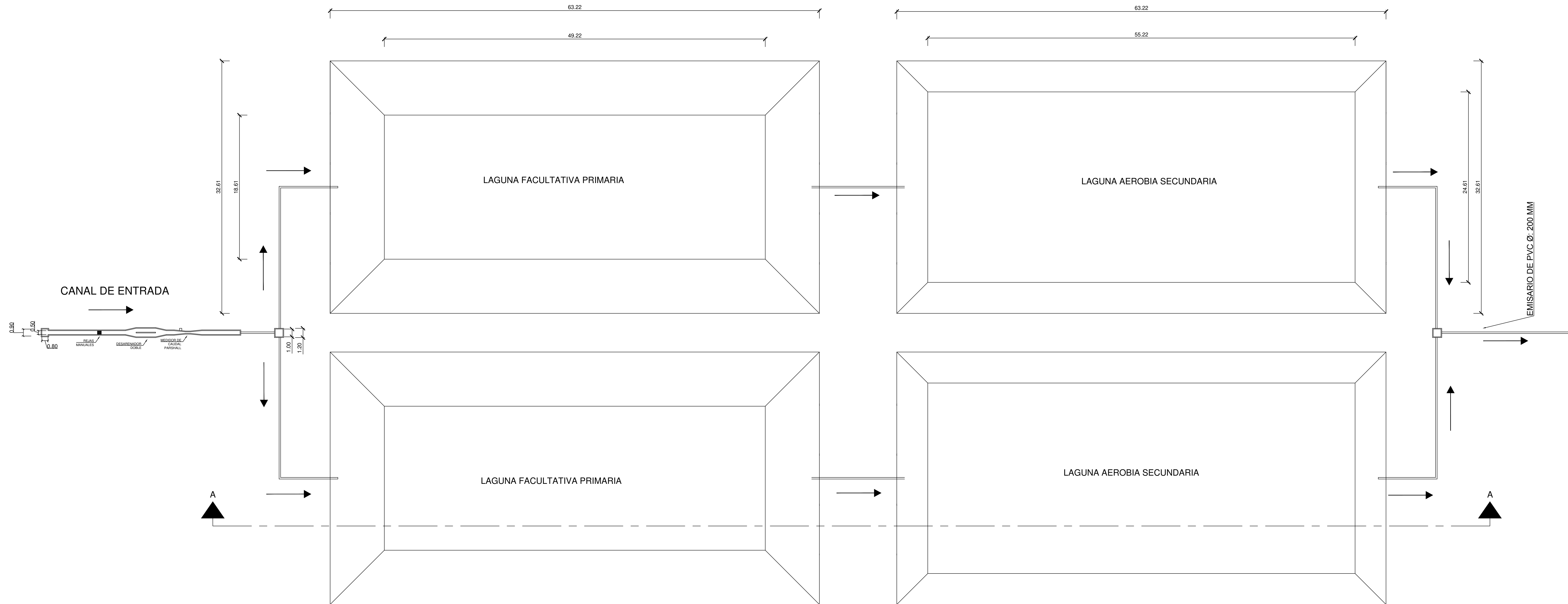
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II - Red de alcantarillado Pueblo Nuevo

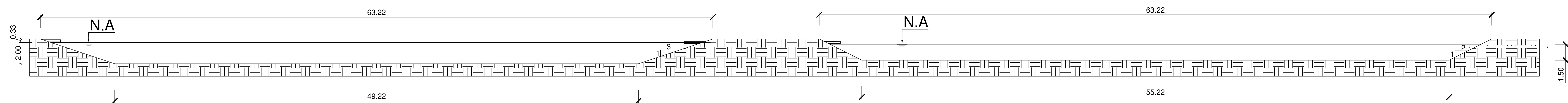
Tabla 30 Cálculos hidráulicos

N° TRAMO	DISP.		S TUBO (%)	DIÁMETRO CALCULADO		D PROP (m)	ÁREA TUB. LL (m²)	RH (m)	CRITERIOS DE DISEÑO										0.25V²/2g (m)		Qmin/ QII	Rmin/RLl (m)	Rmin (m)	f (N/m²)	s min (%)
	DEL N°	AL N°		(mm)	(m)				(m)	PM (m)	QII (lps)	VII (m/s)	Q/QII (lps)	V/VII (m/s)	V (m/s)	d/D (%)	Yd (m)	CALC	PROP	Qmin= 1.5 (lps)					
71	32	37	1.85%	40.24	0.04	0.15	0.02	0.04	0.47	29.93	1.69	0.03	0.46	✓ 0.78	⚠ 11.60%	0.02	0.01	0.03	0.05	0.69	0.03	✓ 4.66	0.40%		
72	5	4	8.25%	19.44	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	63.26	3.58	0.00	0.26	✓ 0.93	⚠ 4.40%	0.01	0.01	0.03	0.02	0.63	0.02	✓ 19.13	0.43%		
73	4	3	0.59%	71.10	0.07	0.15	0.02	0.04	0.47	16.98	0.96	0.14	0.71	✓ 0.68	✓ 24.50%	0.04	0.01	0.03	0.09	0.73	0.03	✓ 1.59	0.37%		
74	2	3	0.53%	31.53	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	16.05	0.91	0.02	0.39	⚠ 0.35	⚠ 8.60%	0.01	0.00	0.03	0.09	0.73	0.03	✓ 1.42	0.37%		
75	48	3	10.64%	20.29	0.02	0.15	0.02	0.04	0.47	71.84	4.06	0.01	0.28	✓ 1.14	⚠ 4.90%	0.01	0.02	0.03	0.02	0.63	0.02	✓ 24.67	0.43%		
76	3	36	4.72%	54.13	0.05	0.15	0.02	0.04	0.47	47.82	2.70	0.07	0.58	✓ 1.57	⚠ 17.10%	0.03	0.03	0.03	0.03	0.65	0.02	✓ 11.27	0.42%		
77	40	36	1.31%	28.45	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	25.21	1.43	0.01	0.36	⚠ 0.51	⚠ 7.40%	0.01	0.00	0.03	0.06	0.69	0.03	✓ 3.31	0.40%		
78	31	36	0.81%	27.03	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	19.87	1.12	0.01	0.34	⚠ 0.38	⚠ 6.80%	0.01	0.00	0.03	0.08	0.72	0.03	✓ 2.14	0.38%		
79	36	37	2.97%	64.16	0.06	0.15	0.02	0.04	0.47	37.92	2.14	0.10	0.65	✓ 1.39	✓ 21.10%	0.03	0.02	0.03	0.04	0.65	0.02	✓ 7.09	0.42%		
80	37	38	0.98%	100.82	0.10	0.15	0.02	0.04	0.47	21.77	1.23	0.35	0.91	✓ 1.12	✓ 40.10%	0.06	0.02	0.03	0.07	0.70	0.03	✓ 2.53	0.39%		
81	32	33	1.11%	28.60	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	23.18	1.31	0.01	0.36	⚠ 0.47	⚠ 7.40%	0.01	0.00	0.03	0.06	0.70	0.03	✓ 2.87	0.39%		
82	33	38	1.80%	25.88	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	29.50	1.67	0.01	0.33	⚠ 0.55	⚠ 6.50%	0.01	0.00	0.03	0.05	0.69	0.03	✓ 4.53	0.40%		
83	38	39	2.62%	86.18	0.09	0.15	0.02	0.04	0.47	35.63	2.01	0.23	0.81	✓ 1.63	✓ 31.60%	0.05	0.03	0.03	0.04	0.67	0.03	✓ 6.43	0.41%		
84	33	34	2.00%	33.31	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	31.10	1.76	0.02	0.40	✓ 0.70	⚠ 9.10%	0.01	0.01	0.03	0.05	0.67	0.03	✓ 4.90	0.41%		
85	34	39	2.71%	36.40	0.04	0.15	0.02	0.04	0.47	36.28	2.05	0.02	0.43	✓ 0.88	⚠ 10.20%	0.02	0.01	0.03	0.04	0.67	0.03	✓ 6.67	0.41%		
86	39	22	3.34%	86.29	0.09	0.15	0.02	0.04	0.47	40.24	2.28	0.23	0.81	✓ 1.84	✓ 31.60%	0.05	0.04	0.04	0.04	0.65	0.02	✓ 7.98	0.42%		
87	34	35	1.88%	25.66	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	30.21	1.71	0.01	0.33	⚠ 0.56	⚠ 6.50%	0.01	0.00	0.03	0.05	0.67	0.03	✓ 4.63	0.41%		
88	35	22	3.86%	29.61	0.03	0.15	0.02	0.04	0.47	43.29	2.45	0.01	0.36	✓ 0.88	⚠ 7.70%	0.01	0.01	0.03	0.03	0.65	0.02	✓ 9.24	0.42%		
89	22	23	0.46%	147.55	0.15	0.20	0.03	0.05	0.63	32.29	1.03	0.44	0.97	✓ 1.00	✓ 46.40%	0.09	0.01	0.03	0.05	0.67	0.03	✓ 1.52	0.31%		
90	23	51	2.85%	107.44	0.11	0.15	0.02	0.04	0.47	37.20	2.10	0.41	0.95	✓ 2.00	✓ 44.50%	0.07	0.05	0.05	0.04	0.67	0.03	✓ 7.01	0.41%		
91	51	52	2.51%	110.72	0.11	0.15	0.02	0.04	0.47	34.87	1.97	0.45	0.97	✓ 1.91	✓ 46.40%	0.07	0.05	0.05	0.04	0.67	0.03	✓ 6.16	0.41%		
92	52	53	1.19%	127.50	0.13	0.15	0.02	0.04	0.47	24.02	1.36	0.65	1.05	✓ 1.43	✓ 58.70%	0.09	0.03	0.03	0.06	0.70	0.03	✓ 3.08	0.39%		
93	53	63	0.83%	136.41	0.14	0.15	0.02	0.04	0.47	20.06	1.13	0.78	1.07	✓ 1.21	✓ 67.50%	0.10	0.02	0.03	0.07	0.72	0.03	✓ 2.19	0.38%		

Fuente: Elaboración propia.



SISTEMA DE TRATAMIENTO ESC. 1:250
LAGUNAS FACULTATIVA PRIMARIA + LAGUNA AEROBIA SECUNDARIA

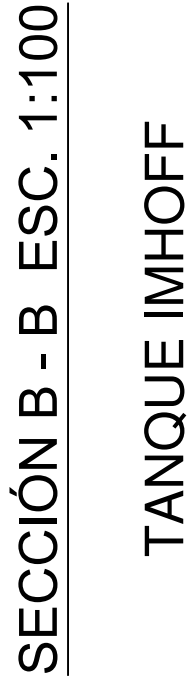
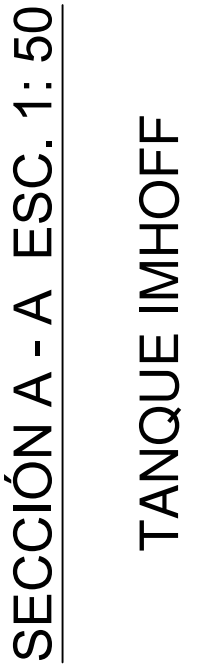
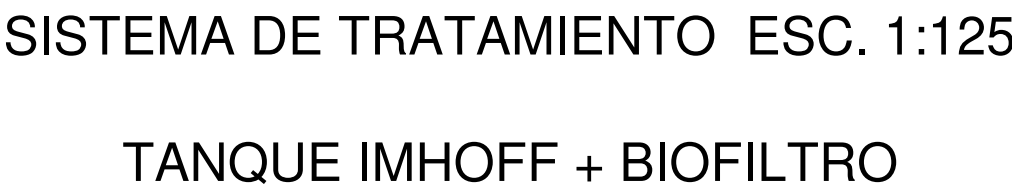


SECCIÓN A- A
SISTEMA DE TRATAMIENTO ESC. 1:150
LAGUNAS FACULTATIVA PRIMARIA + LAGUNA AEROBIA SECUNDARIA

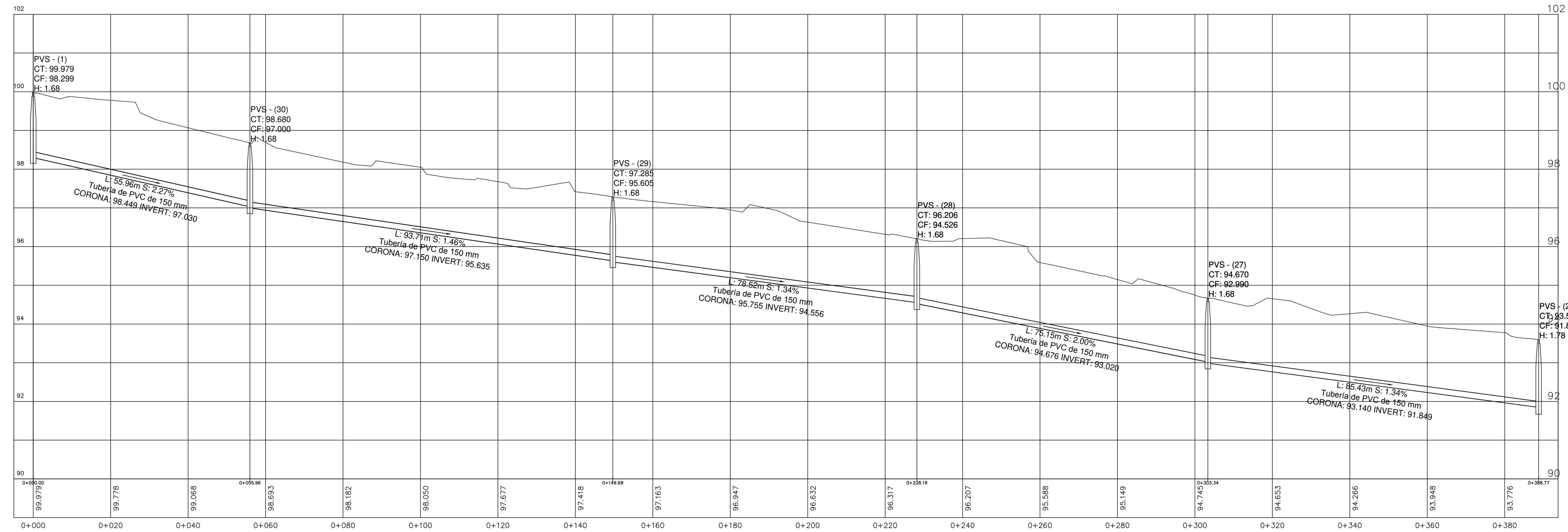
DIBUJO: Br. CANAAN SAID ZELAYA VANEGAS
REVISADO POR: ING. NOÉ HERNÁNDEZ DURÁN
FECHA: 21/10/2016

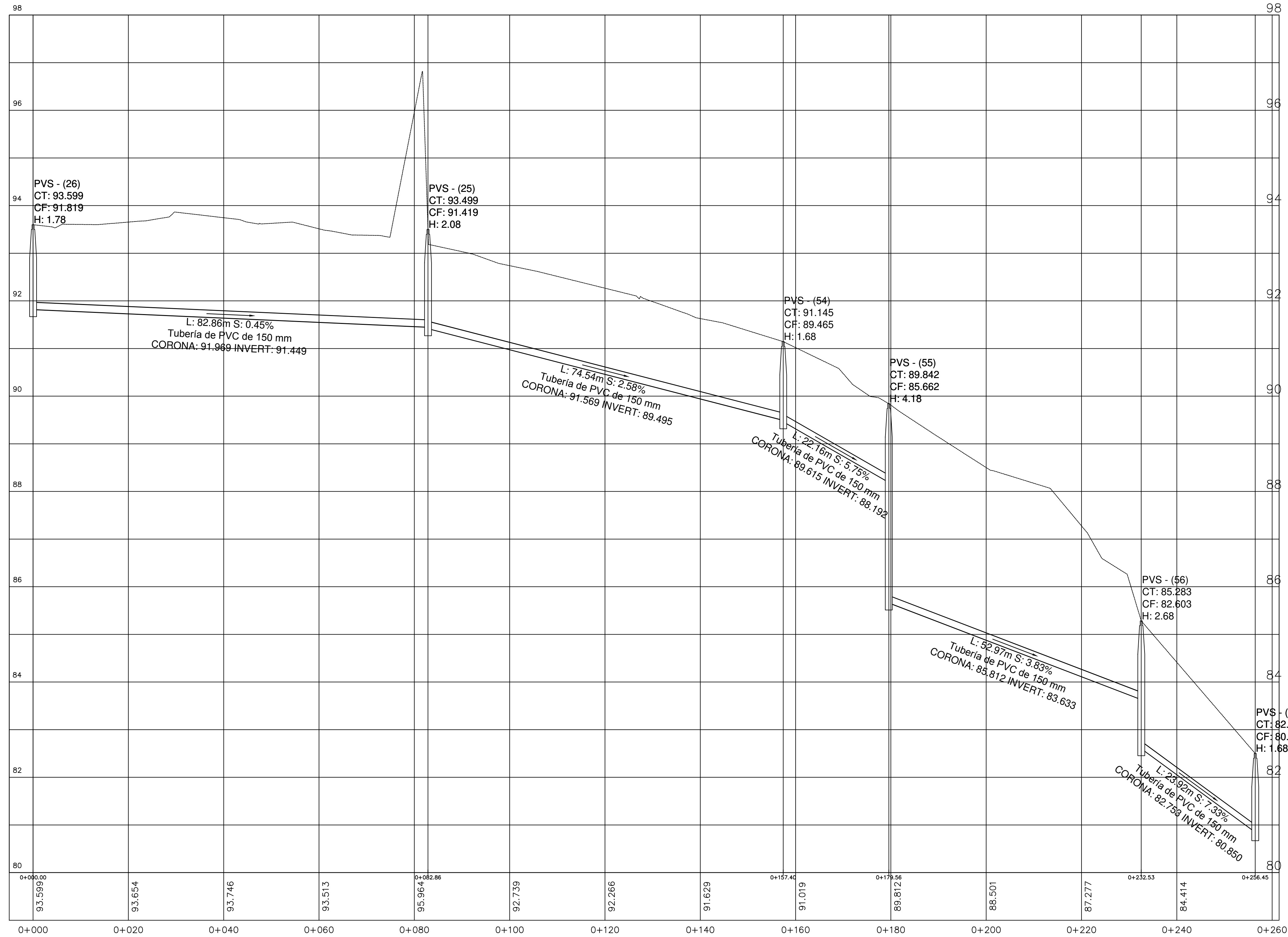
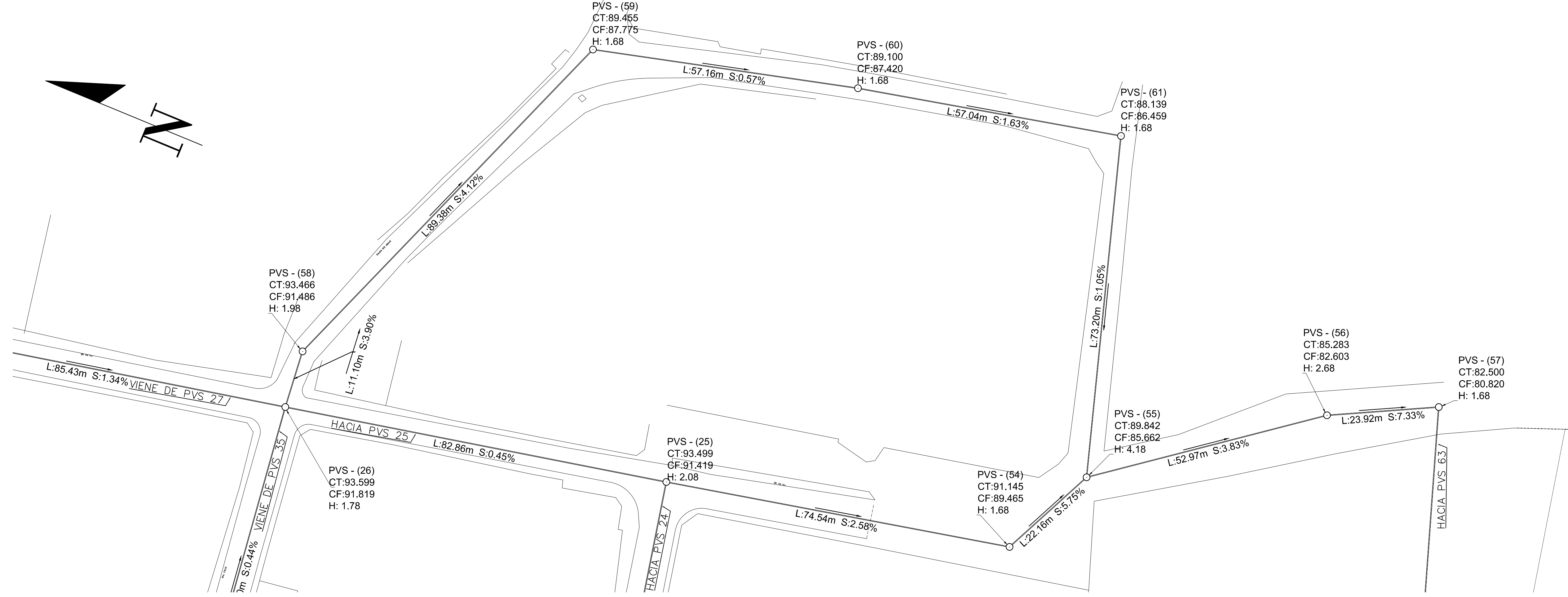
DESCRIPCIÓN:
ANEXO III - SISTEMA DE TRATAMIENTO
LAGUNA FACULTATIVA PRIMARIA + LAGUNA AEROBIA SECUNDARIA

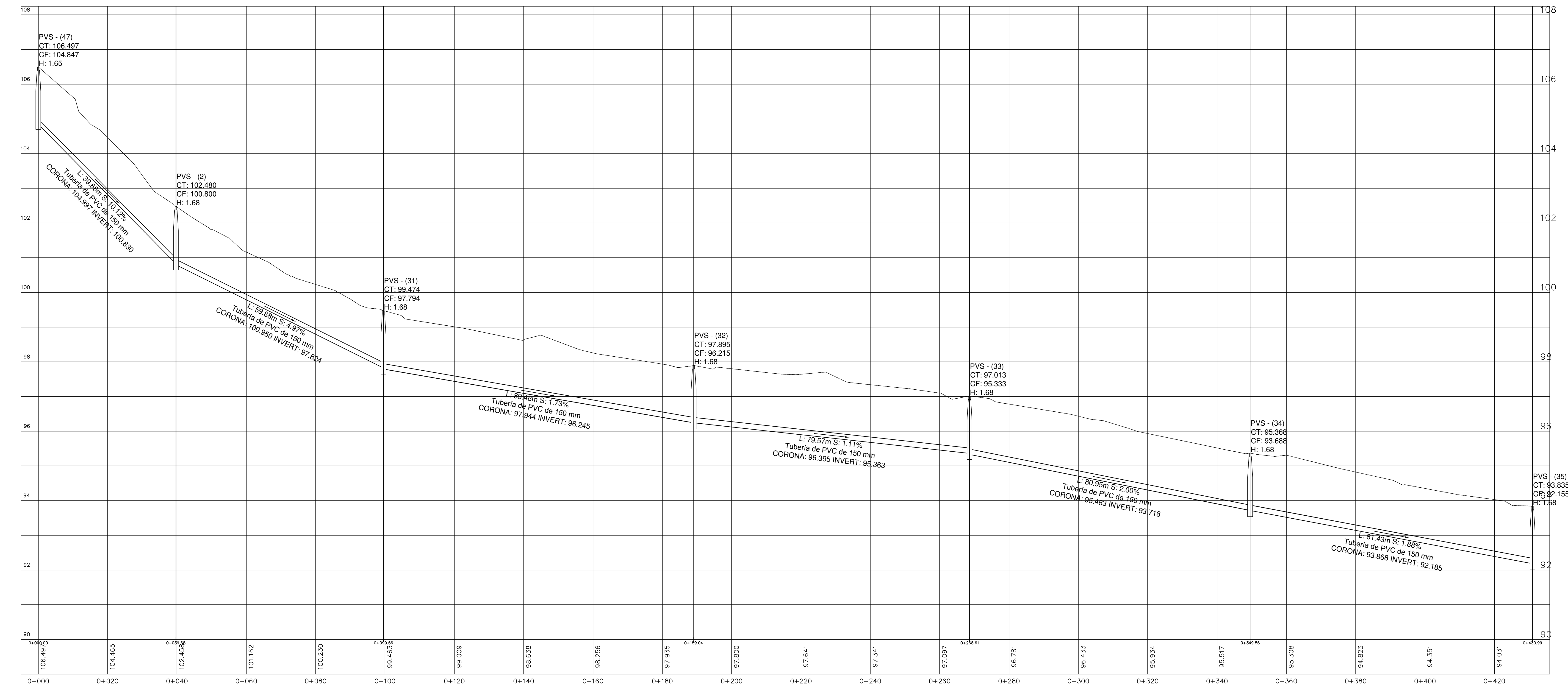
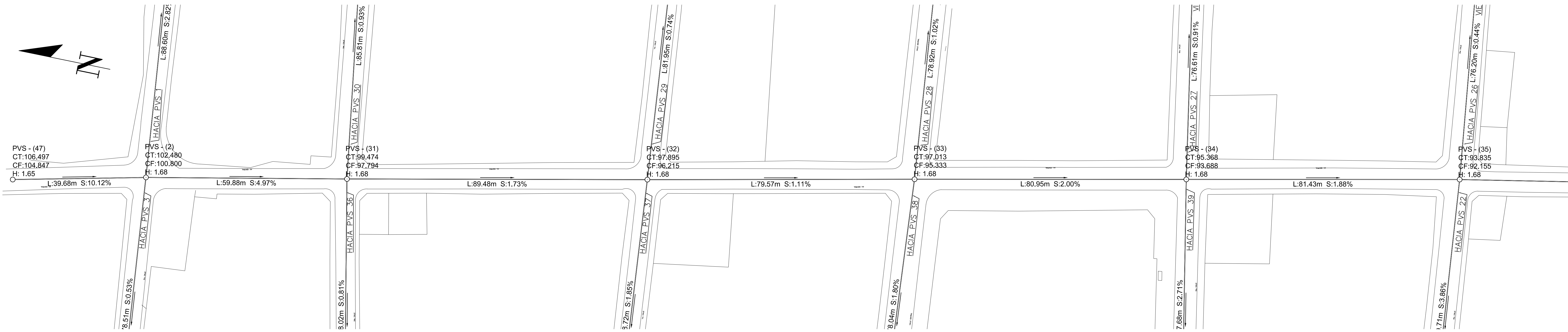
TRABAJO MONOGRÁFICO:
DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO
PARA EL ÁREA URBANA DE PUEBLO NUEVO, ESTELI

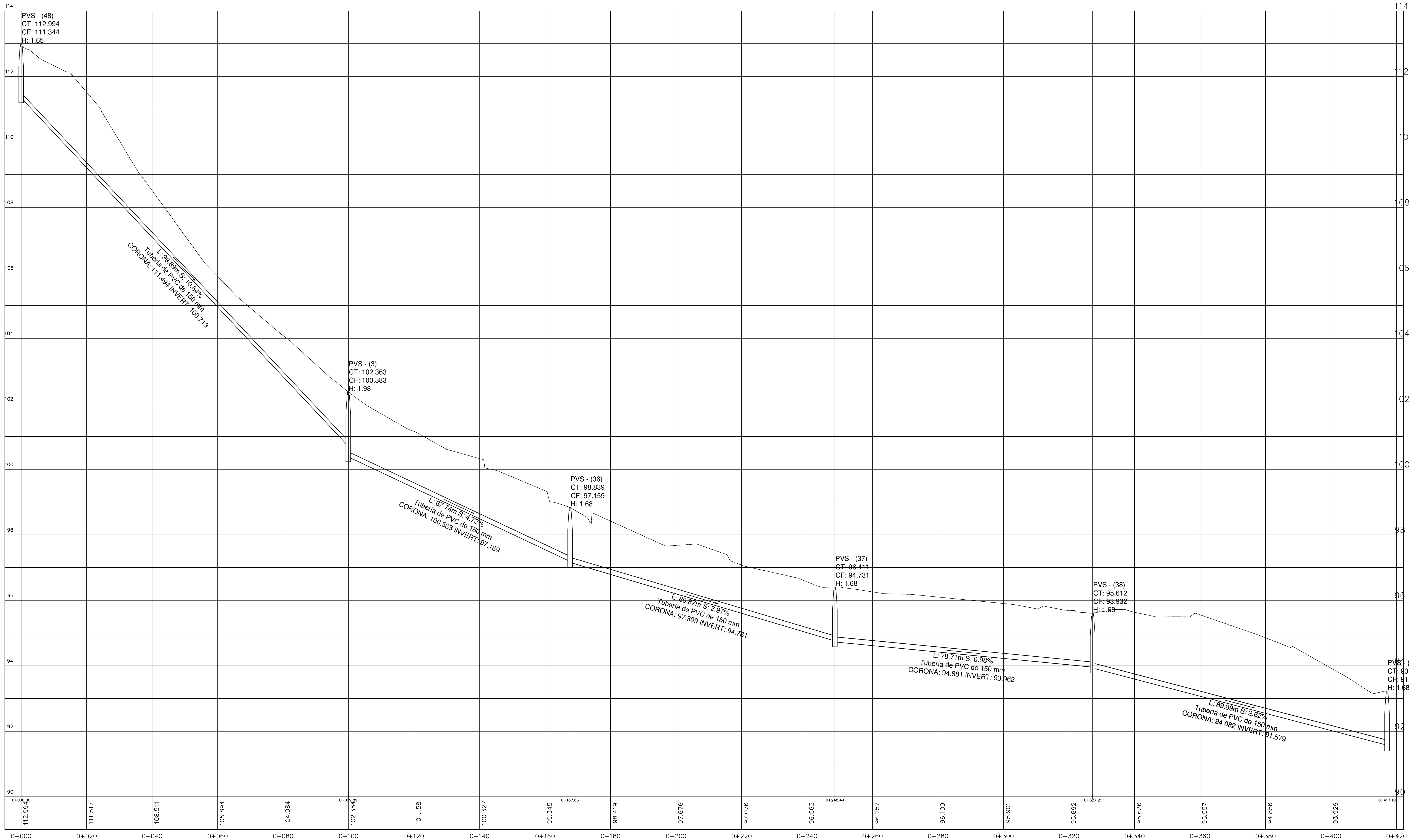
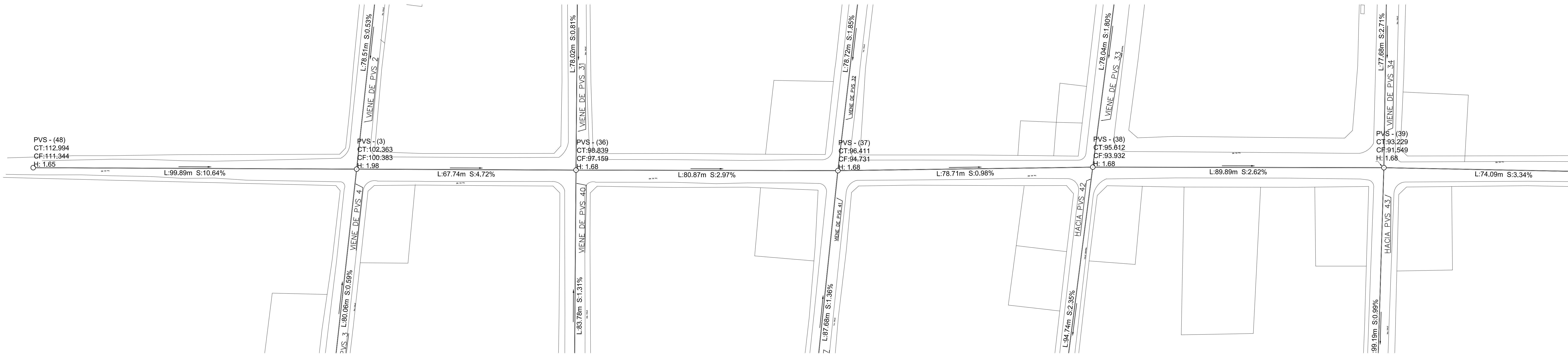


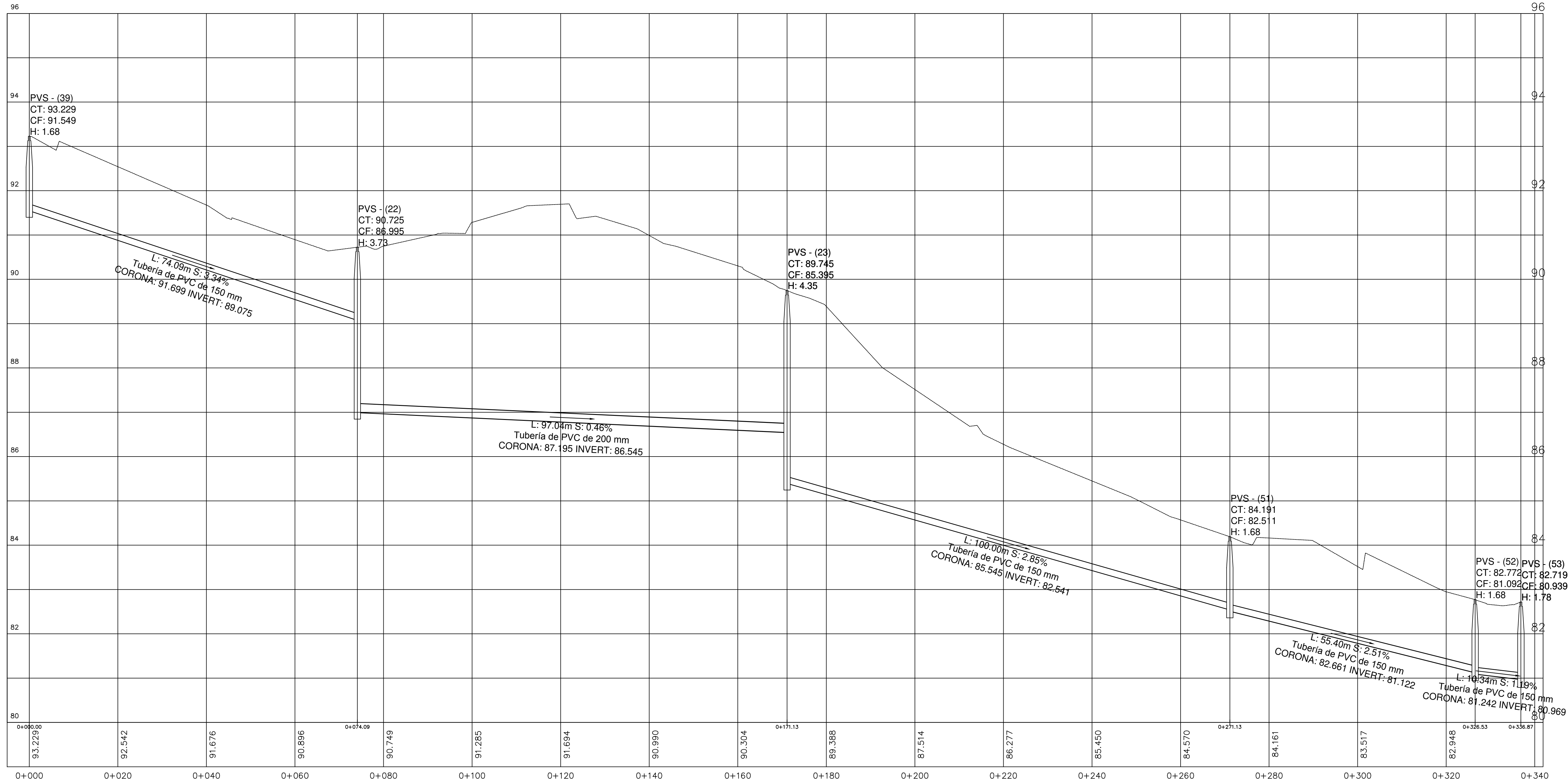
<p>TRABAJO MONOGRÁFICO:</p> <p>DISEÑO ALcantarillado sanitario y sistema de tratamiento para el área urbana de Pueblo Nuevo, Esteli</p>	<p>DESCRIPCIÓN:</p> <p>ANEXO III - PLANTA DE TRATAMIENTO - TANQUE IMHOFF + BIOFILTRO</p>	<p>DIBUJÓ: Br. CANAAN SAID ZELAYA VANEGAS</p> <p>REVISADO POR: ING. NOÉ HERNÁNDEZ DURÁN</p> <p>FECHA: 21/10/2016</p>
---	--	--











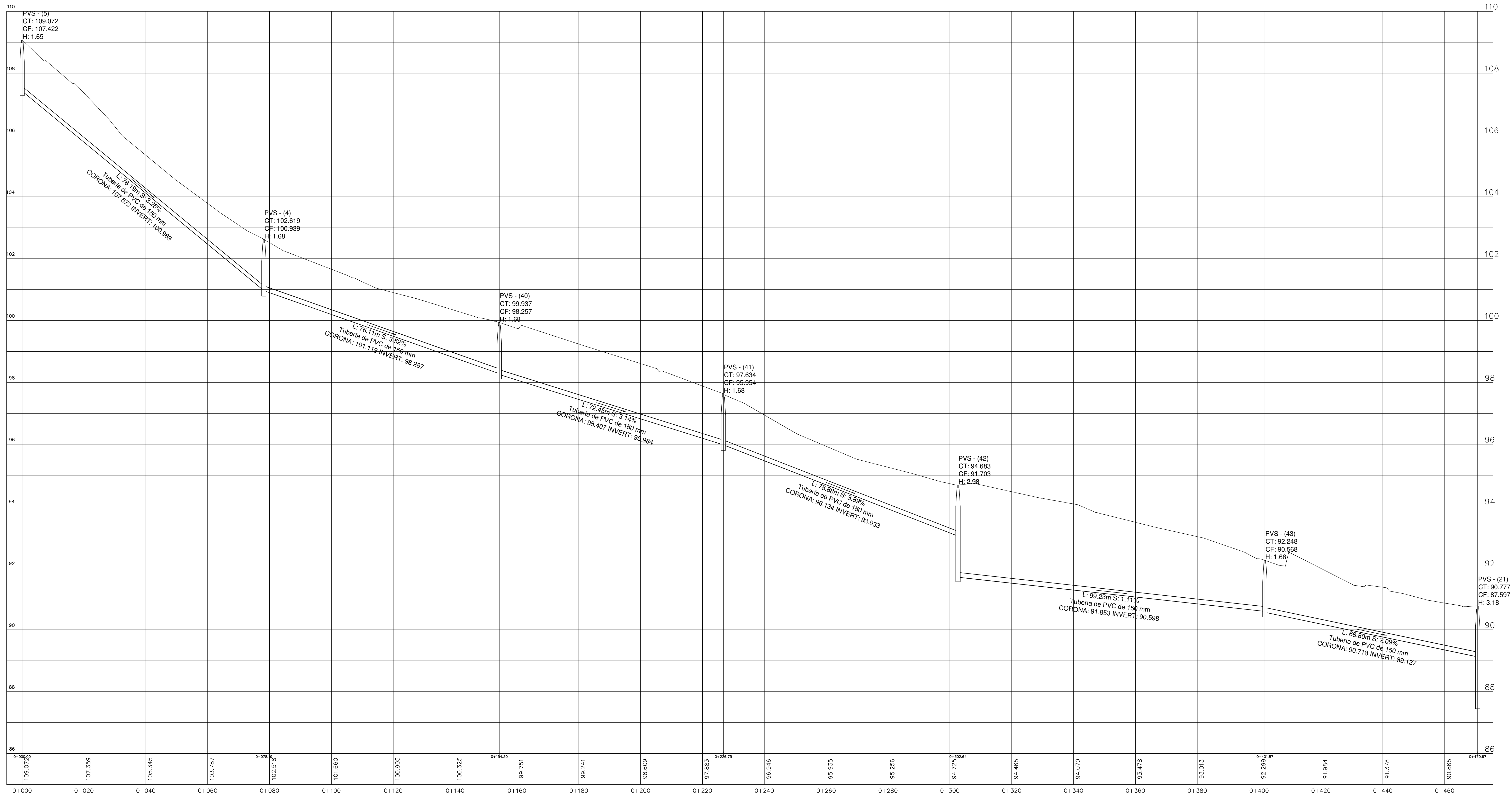
TRABAJO MONOGRÁFICO:
DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO
PARA EL ÁREA URBANA DE PUEBLO NUEVO, ESTELI

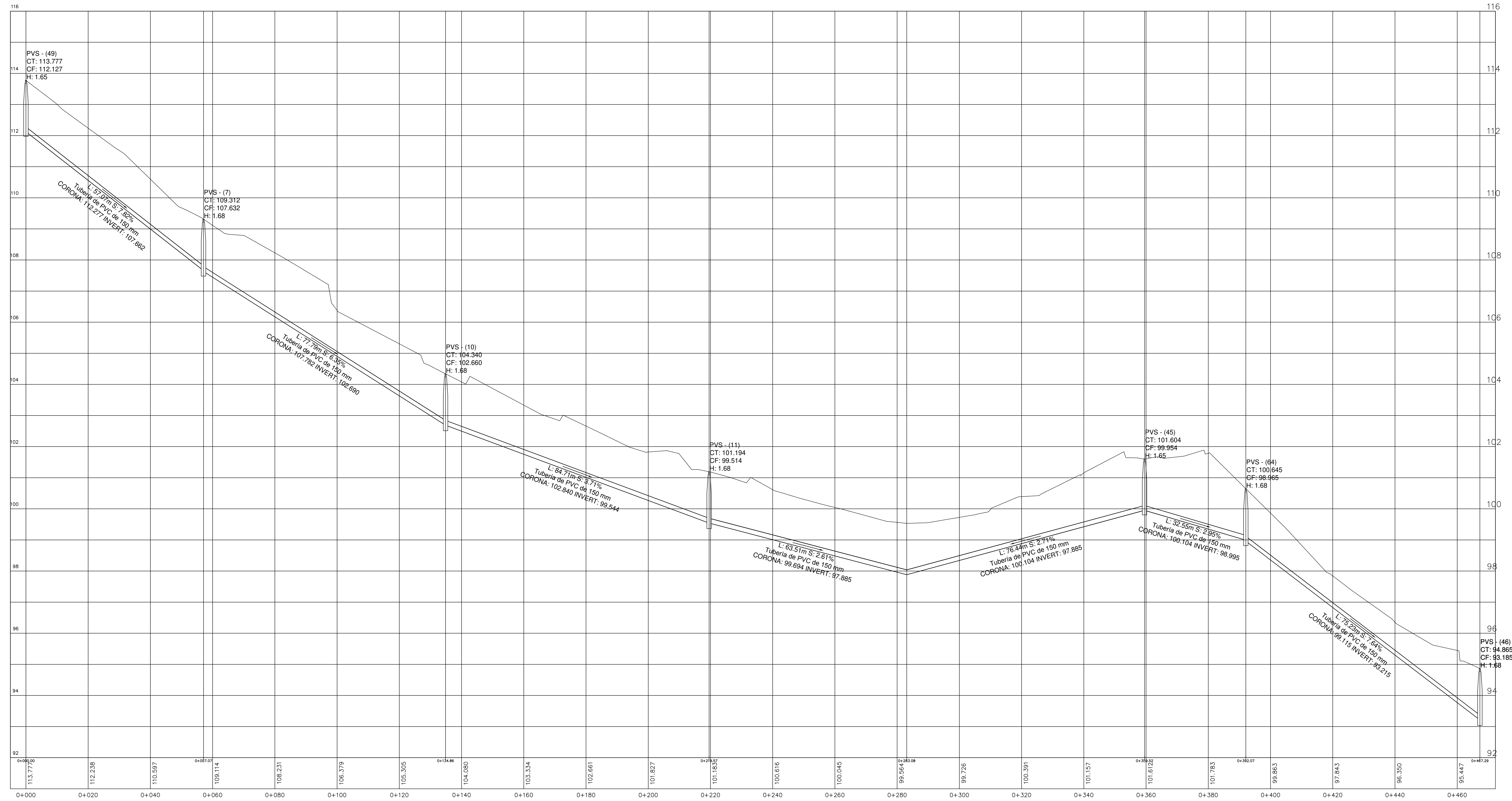
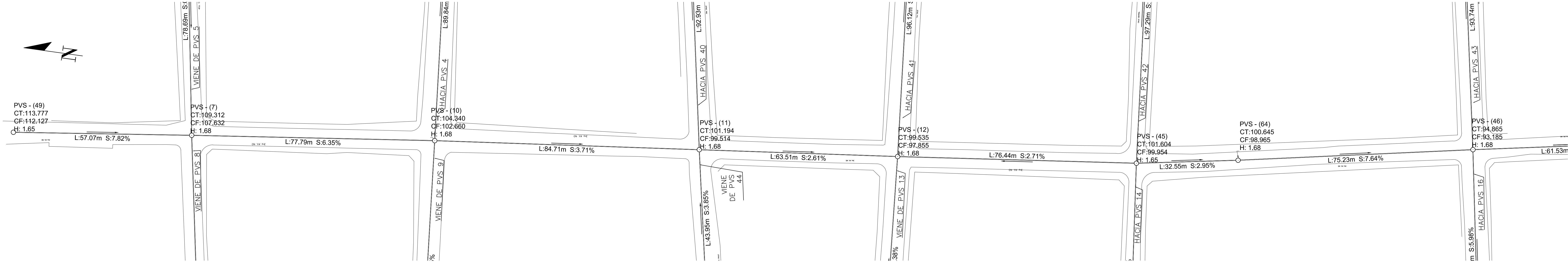
DESCRIPCIÓN:
APÉNDICE C - PLANO DE PLANTA Y PERFIL

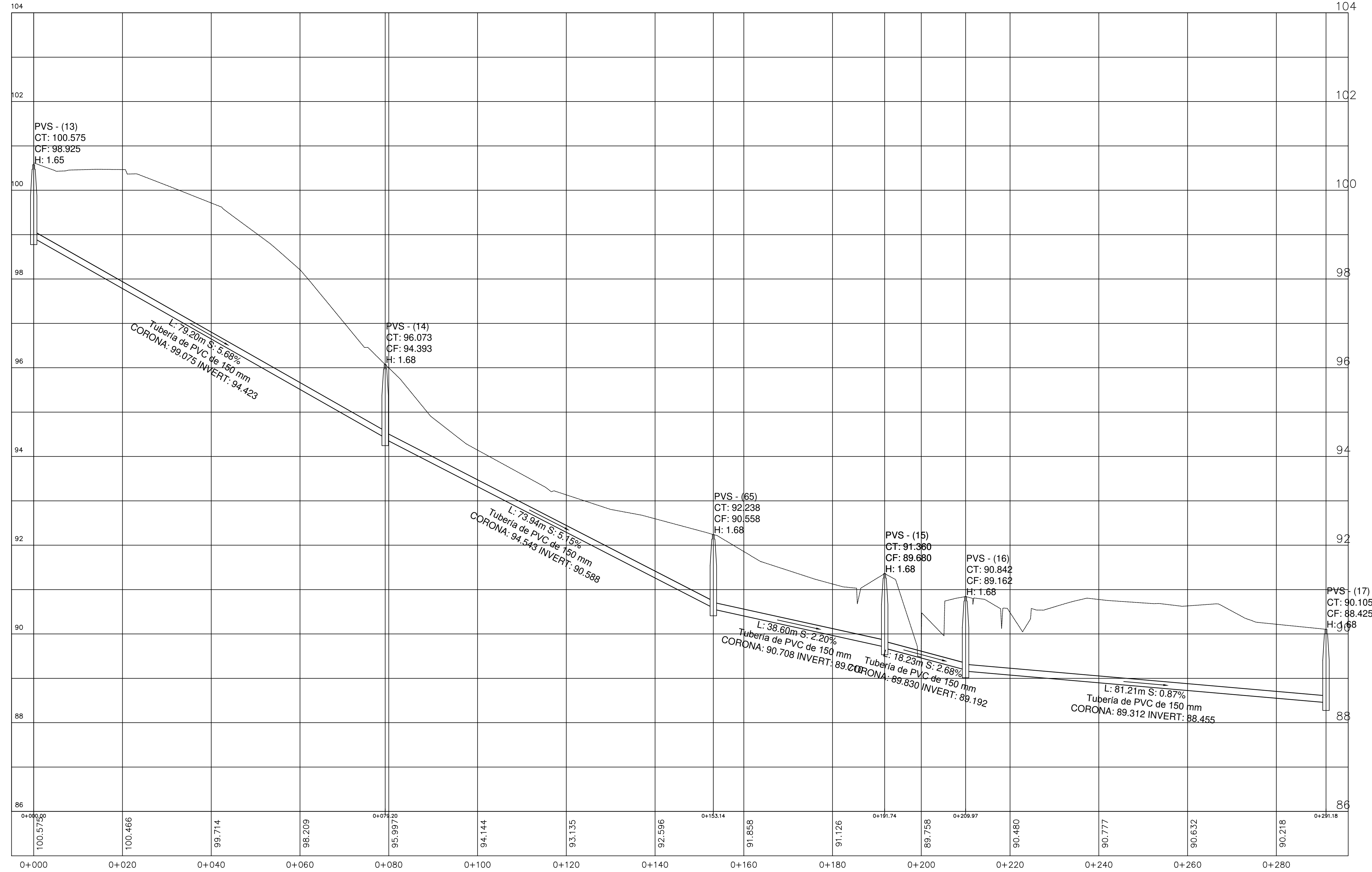
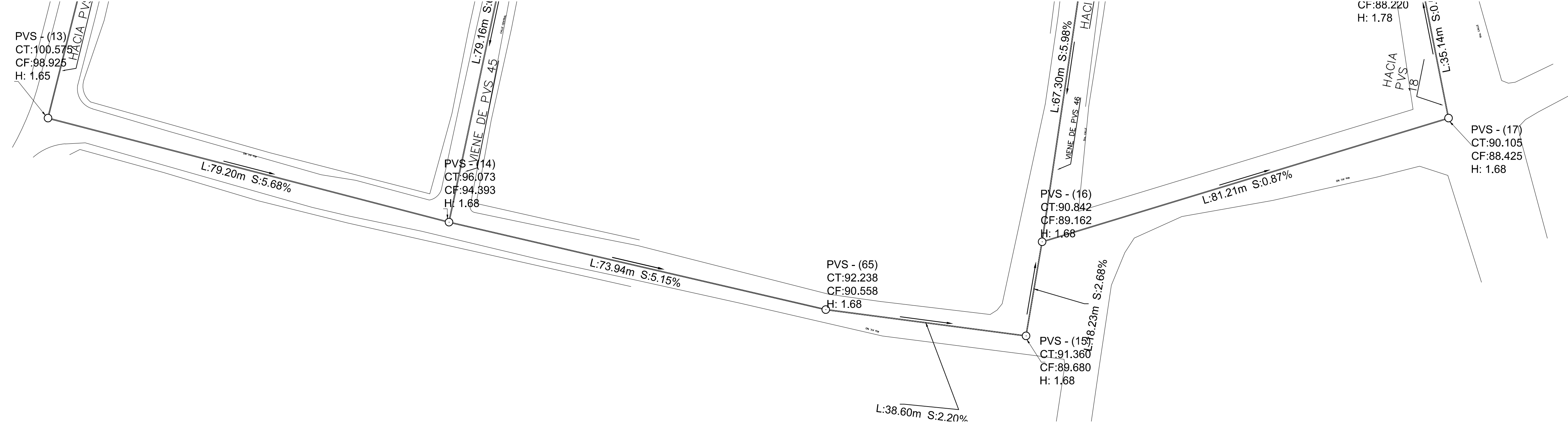
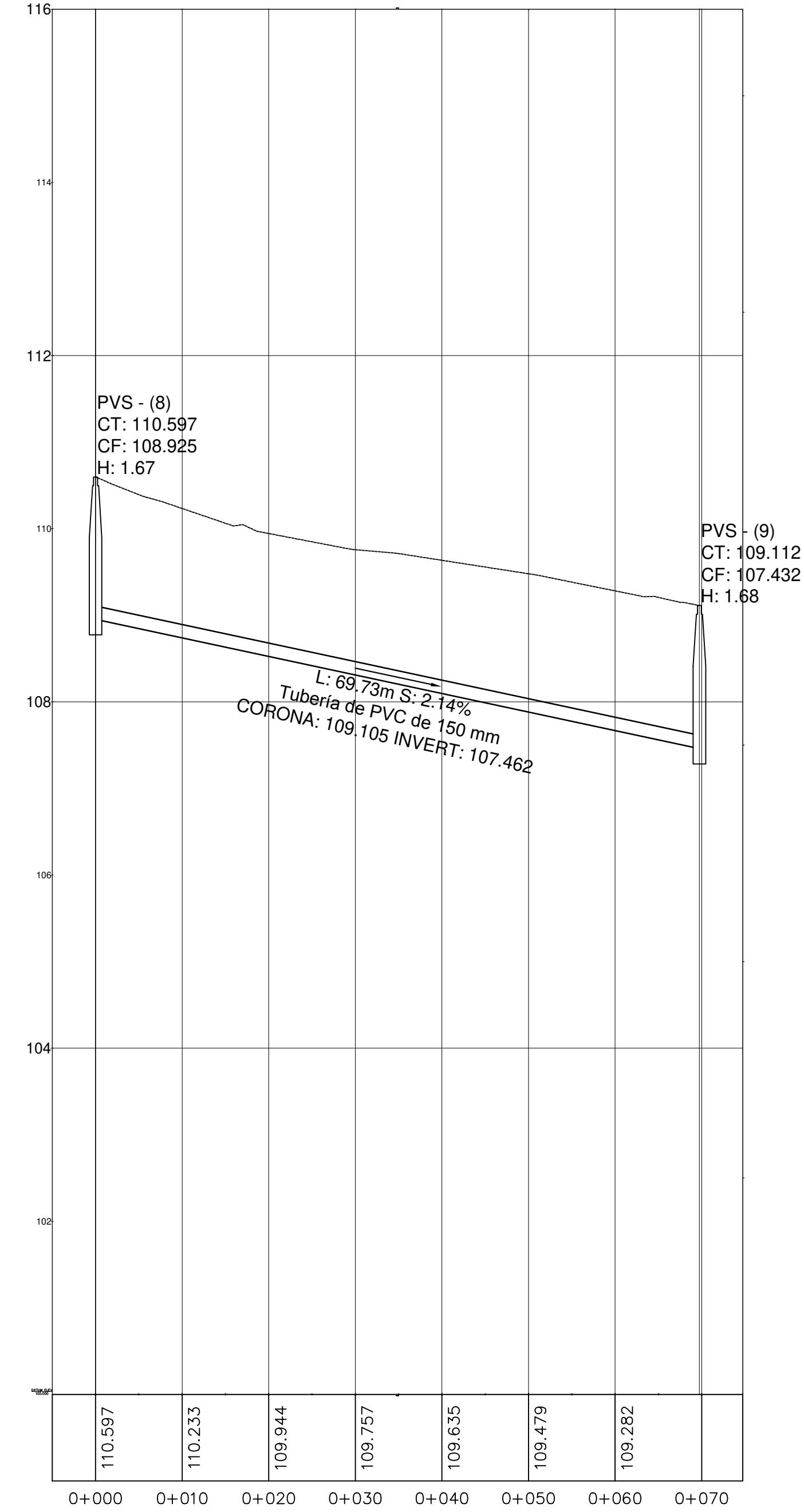
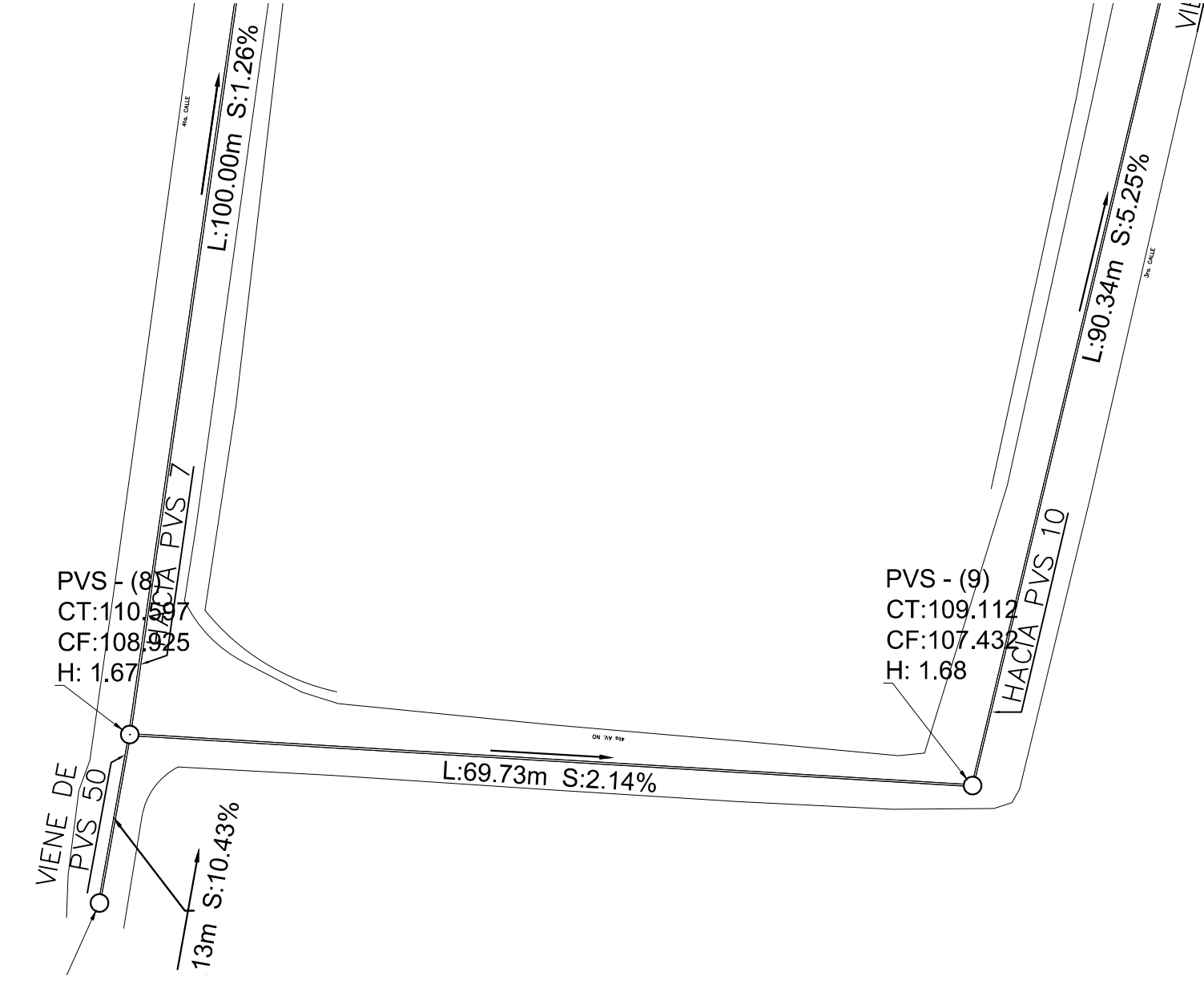
DIBUJÓ: Br. CAMAAN SAID ZELAYA VANEGAS
REVISADO POR: ING. NOÉ HERNÁNDEZ DURÁN
FECHA: 21/06/2016
ESCALA: 1:500

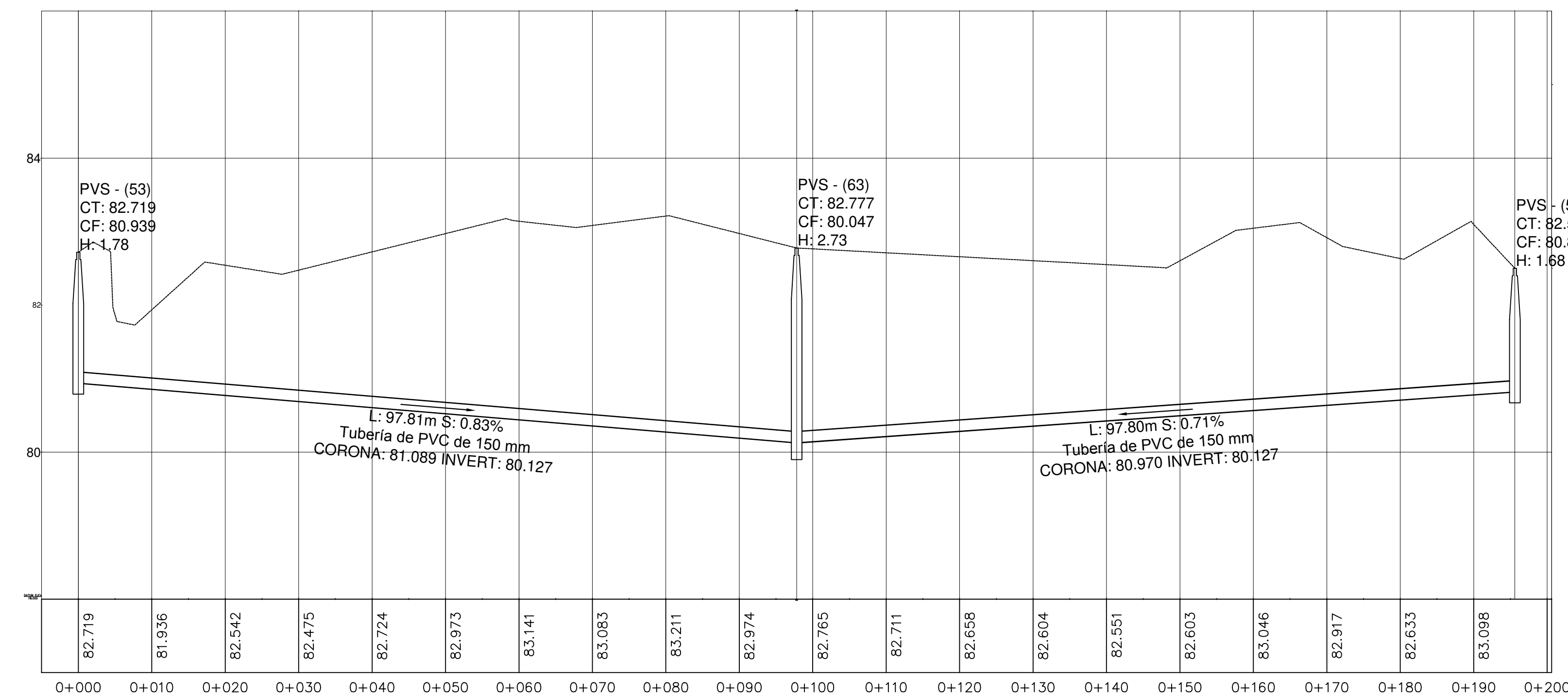
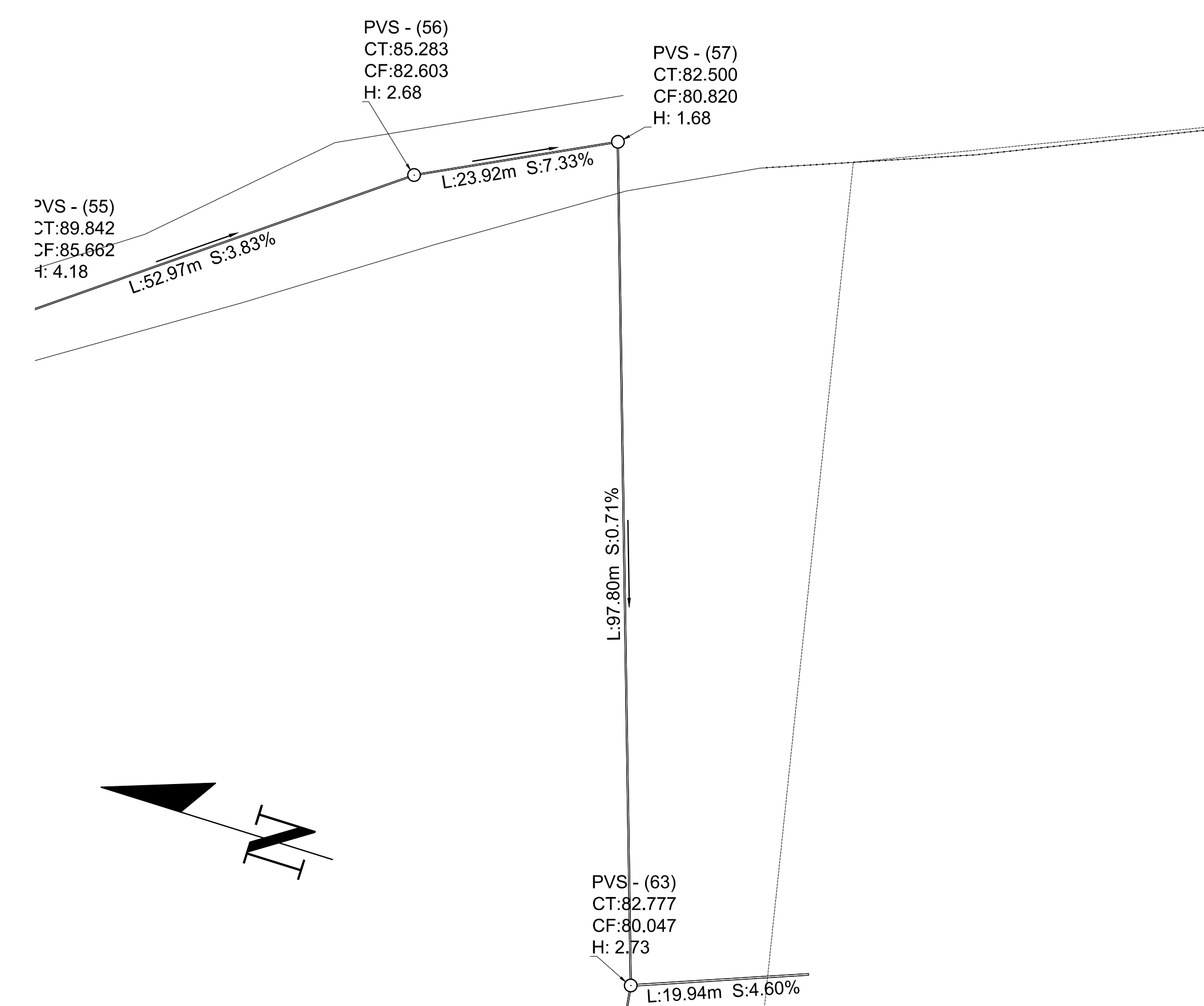
LÁMINA
A₁

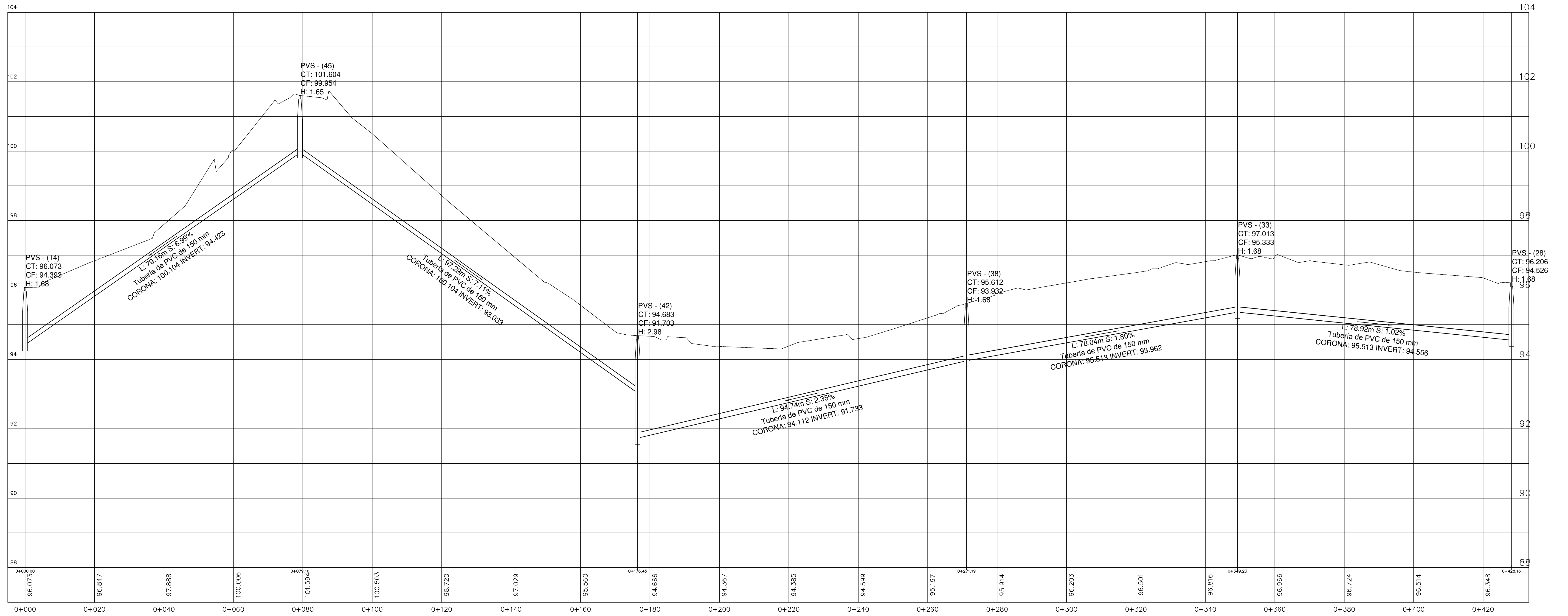
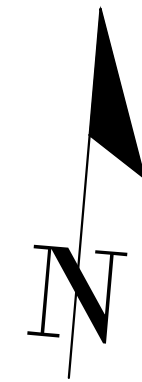
05
19



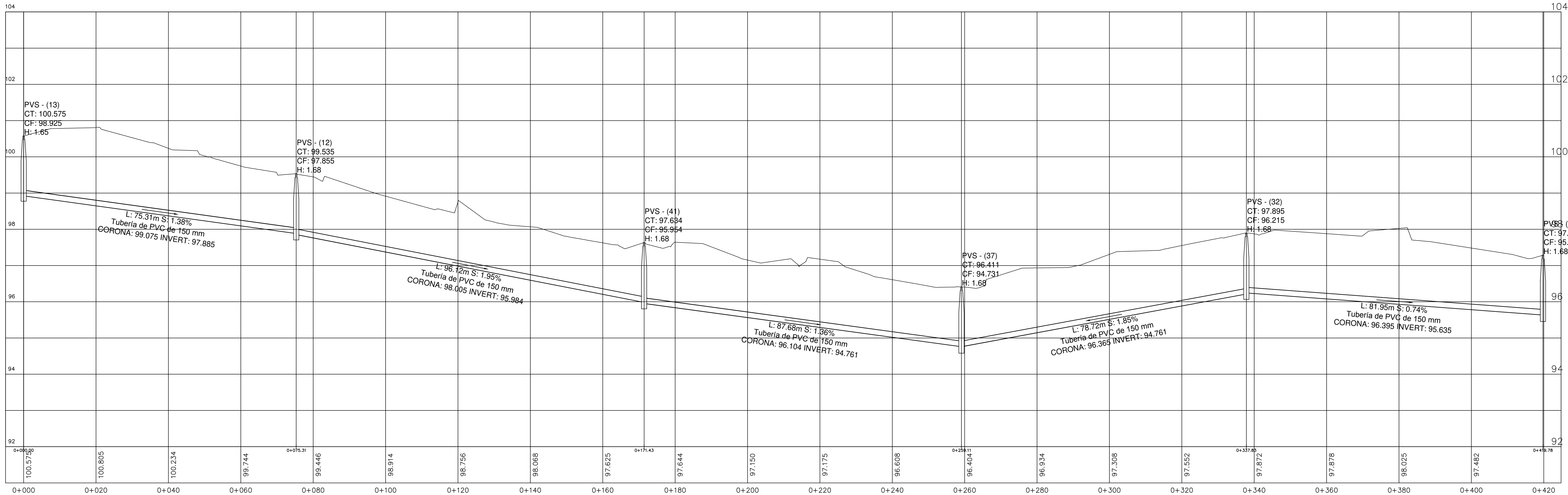
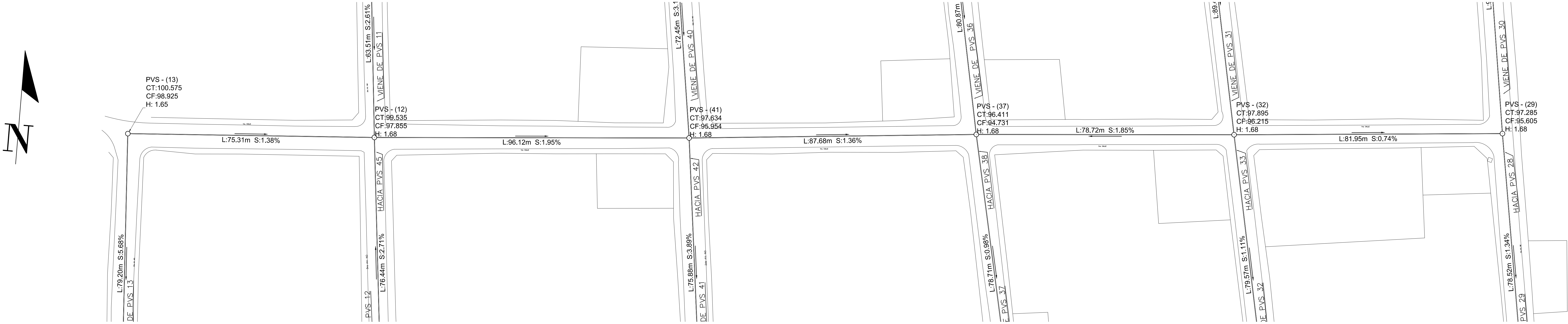








28)
206
526



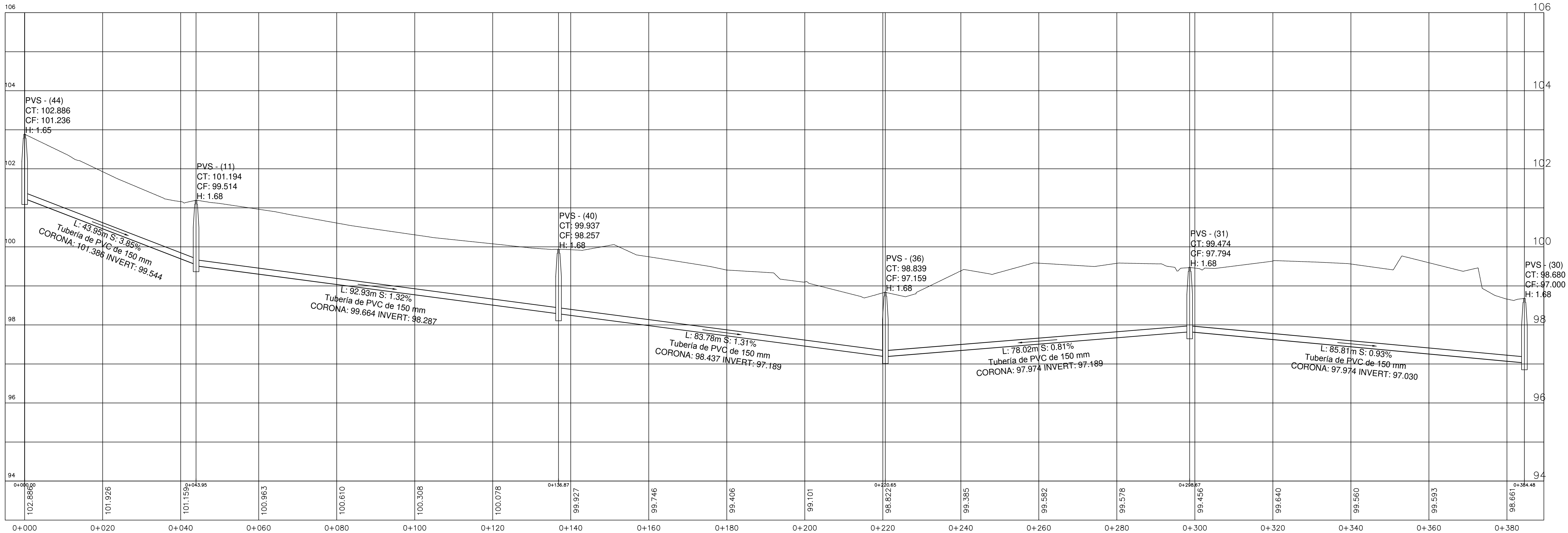
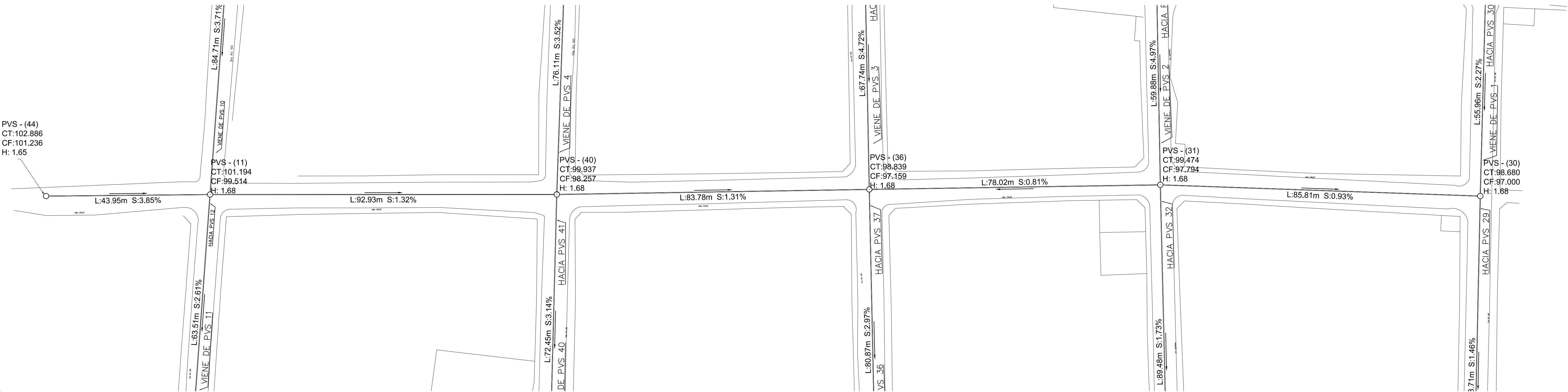
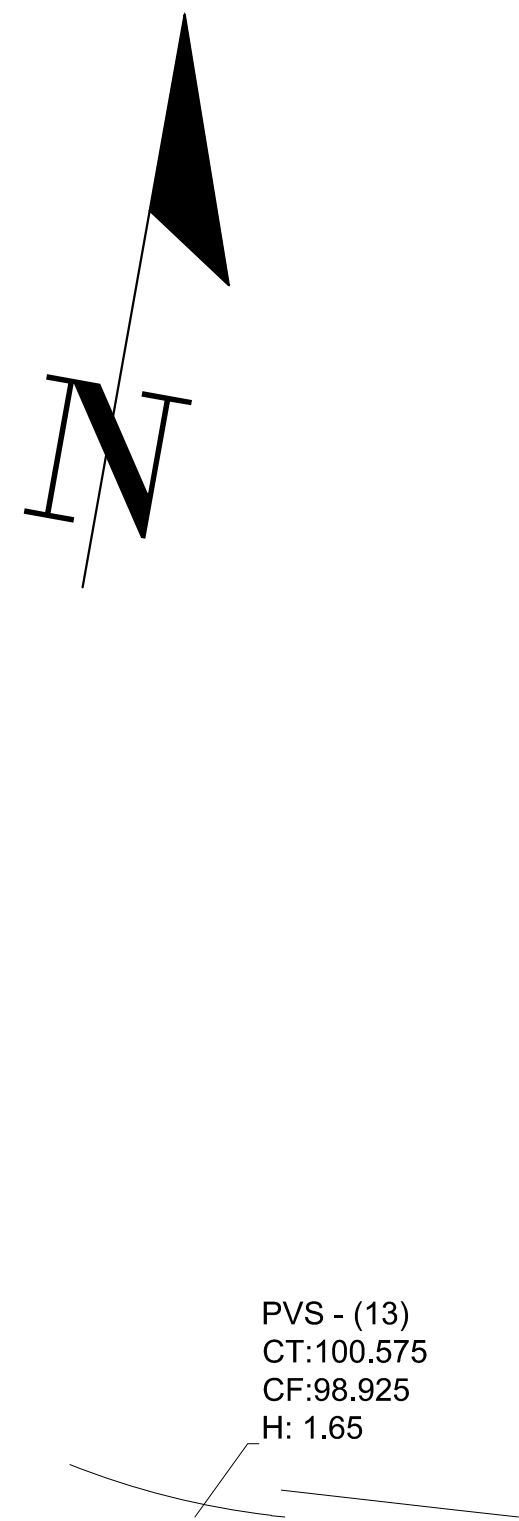
TRABAJO MONOGRÁFICO:
DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO
PARA EL ÁREA URBANA DE PUEBLO NUEVO, ESTELI

DESCRIPCIÓN
APÉNDICE C - PLANO DE PLANTA Y PERFIL

DIBUJÓ: Br. CAMAJO SAID ZELAYA VANEGAS
REVISADO POR: ING. NOE HERNÁNDEZ DURÁN
FECHA: 21/06/2016
ESCALA: 1:500

LÁMINA:
A1

11
19

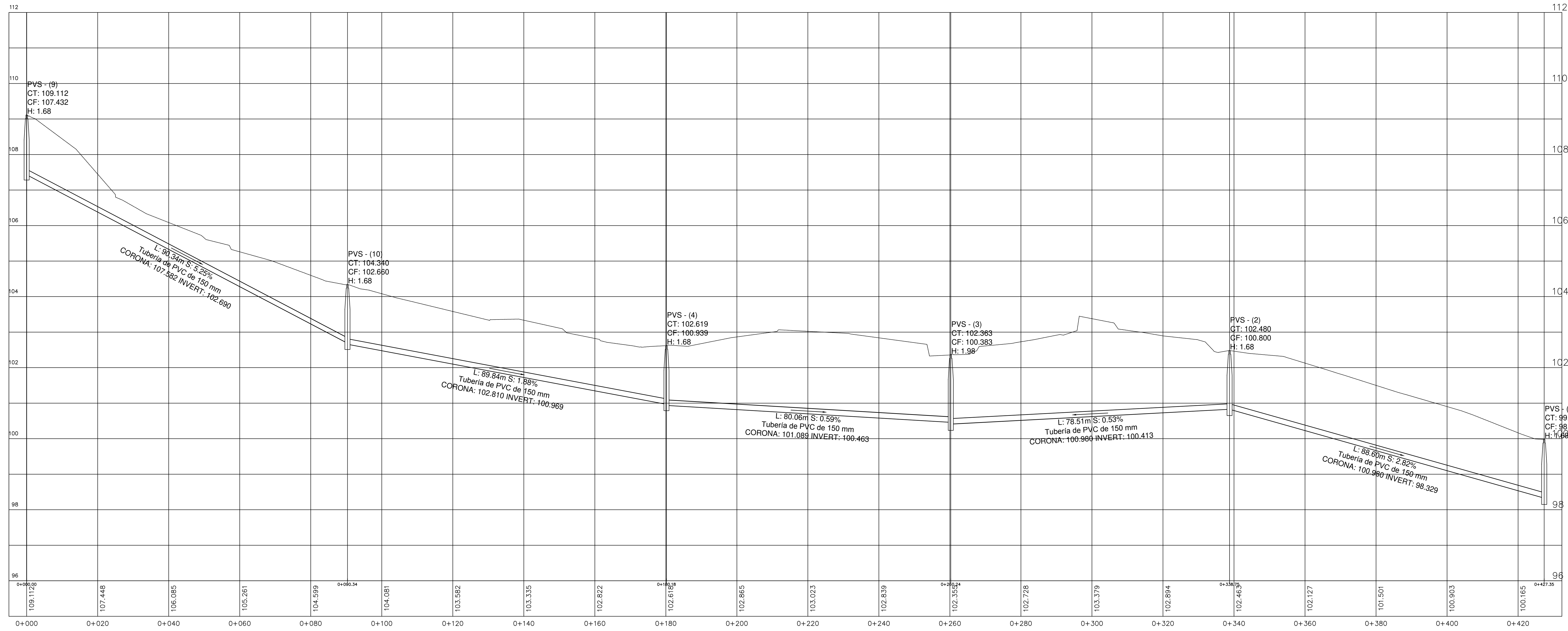
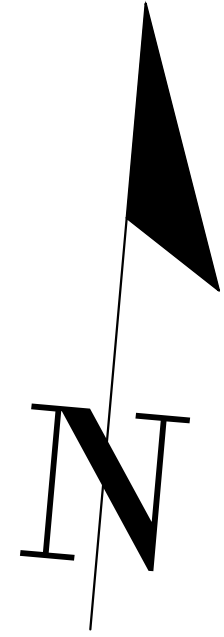


TRABAJO MONOGRÁFICO:
DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO
PARA EL ÁREA URBANA DE PUEBLO NUEVO, ESTELI

DESCRIPCIÓN:
APÉNDICE C - PLANO DE PLANTA Y PERFIL

DIBUJÓ: Br. CAMAAN SAID ZELAYA VANEGAS
REVISADO POR: ING. NOÉ HERNÁNDEZ DURÁN
FECHA: 21/06/2016
ESCALA: 1:500

LÁMINA
A₁

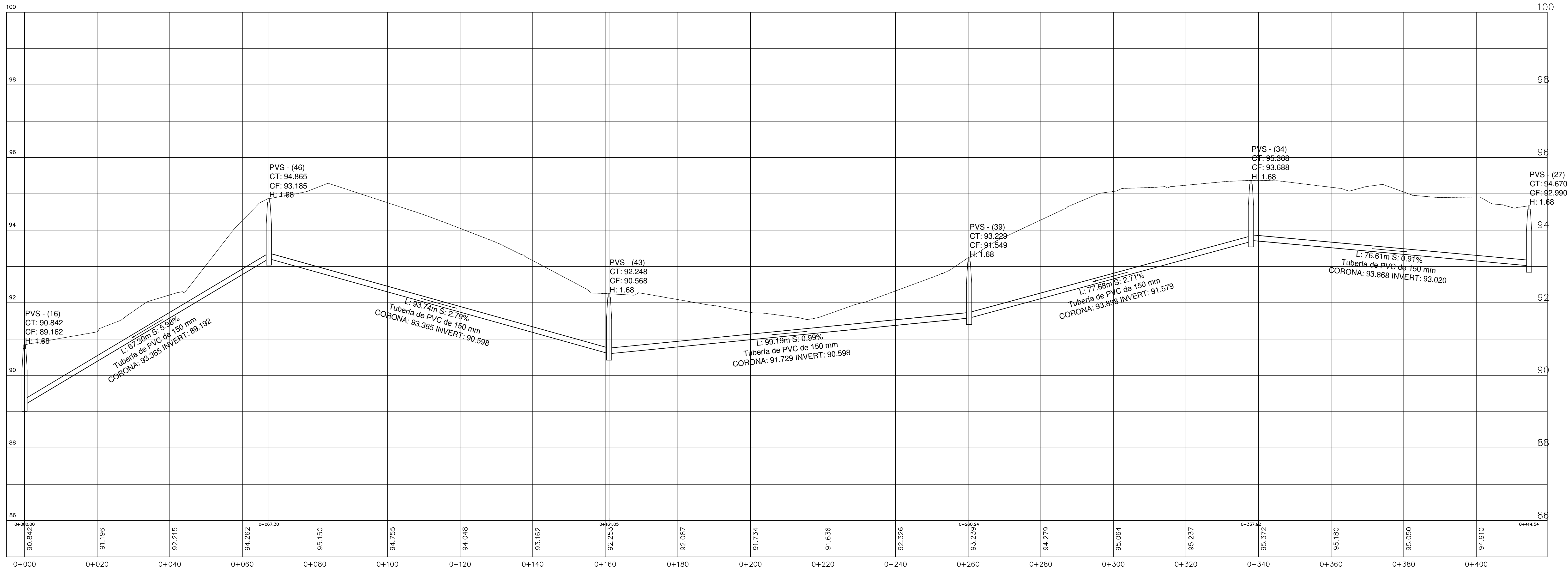
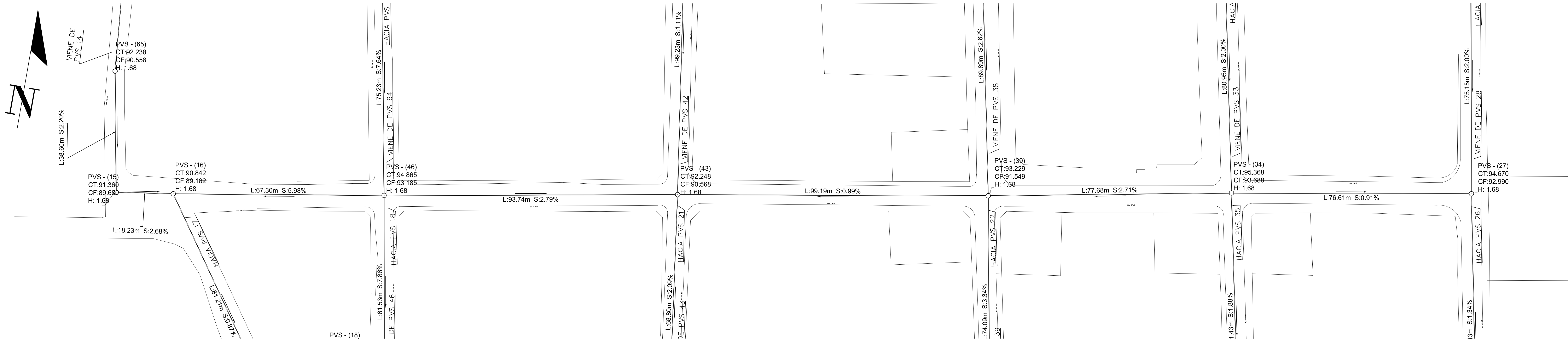


TRABAJO MONOGRÁFICO:
DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO
PARA EL ÁREA URBANA DE PUEBLO NUEVO, ESTELI

DESCRIPCIÓN:
APÉNDICE C - PLANO DE PLANTA Y PERFIL

DIBUJÓ: Br. CAMAAN SAID ZELAYA VANEGAS
REVISADO POR: ING. NOÉ HERNÁNDEZ DURÁN
FECHA: 21/06/2016
ESCALA: 1:500

LÁMINA
A1



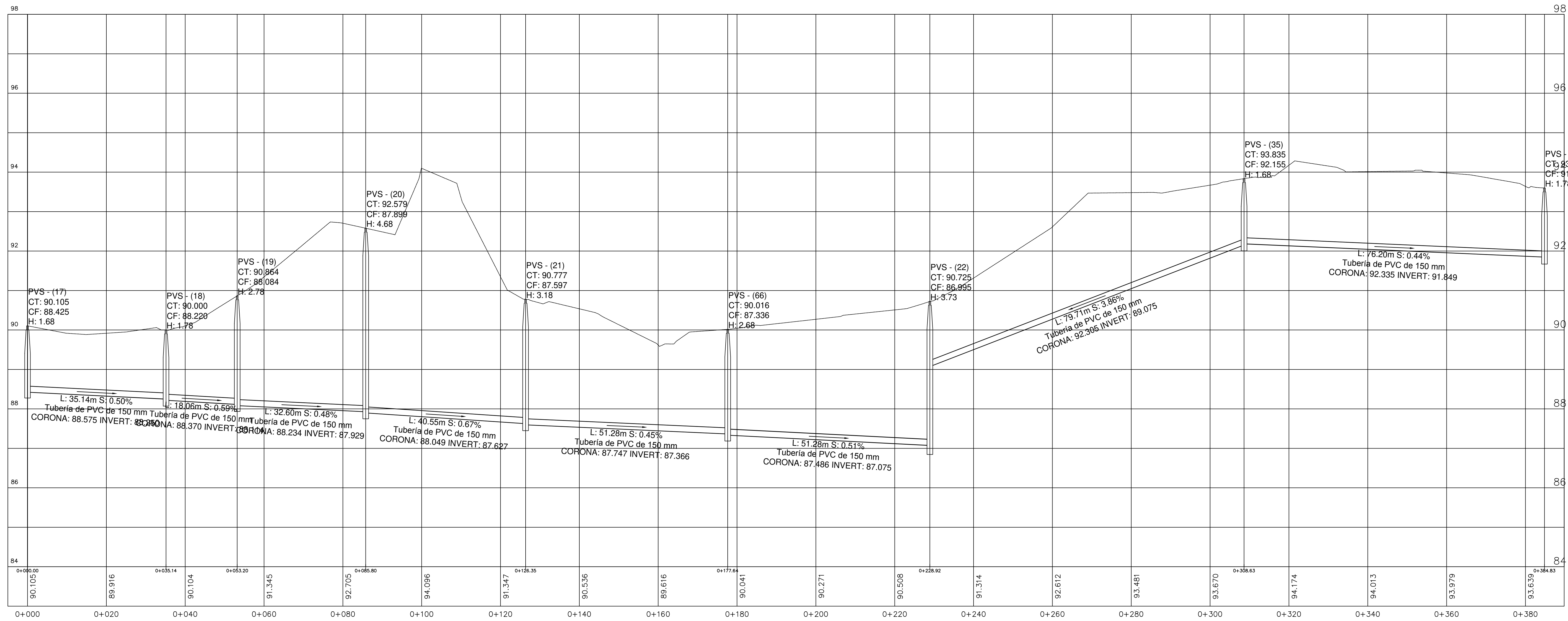
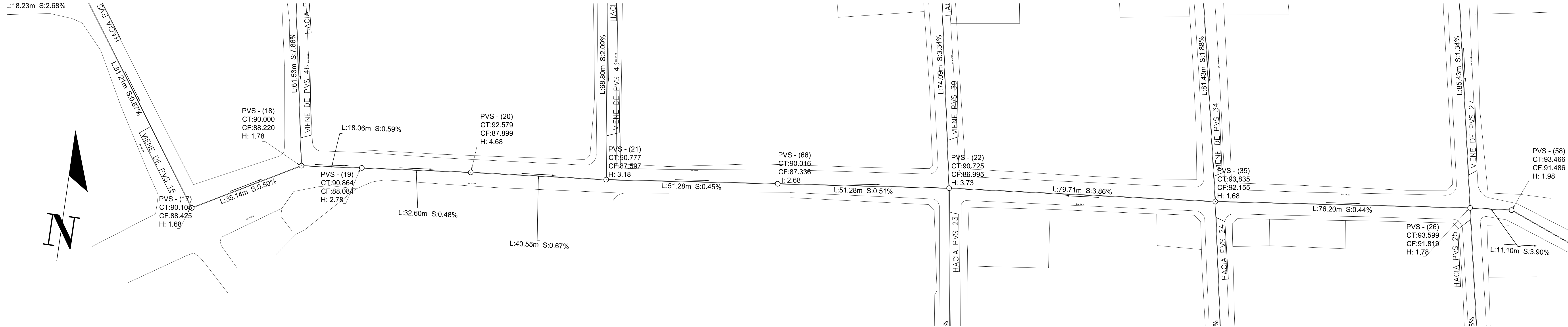
TRABAJO MONOGRÁFICO:
DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO
PARA EL ÁREA URBANA DE PUEBLO NUEVO, ESTELI

DESCRIPCIÓN:
APÉNDICE C - PLANO DE PLANTA Y PERFIL

DIBUJÓ: Br. CAMAAN SAID ZELAYA VANEGAS
REVISADO POR: ING. NOÉ HERNÁNDEZ DURÁN
FECHA: 21/06/2016
ESCALA: 1:500

LÁMINA
A₁

14
19



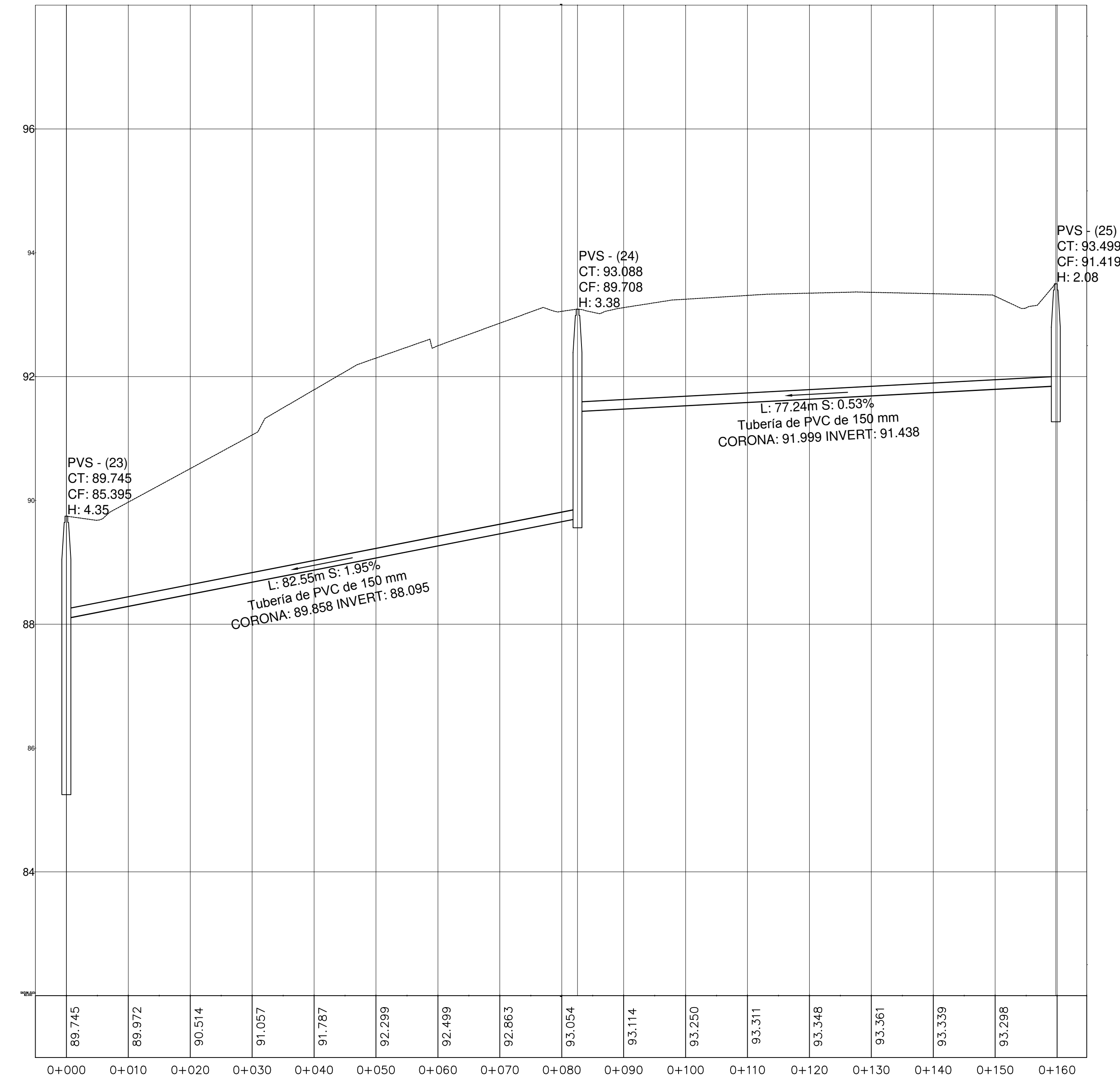
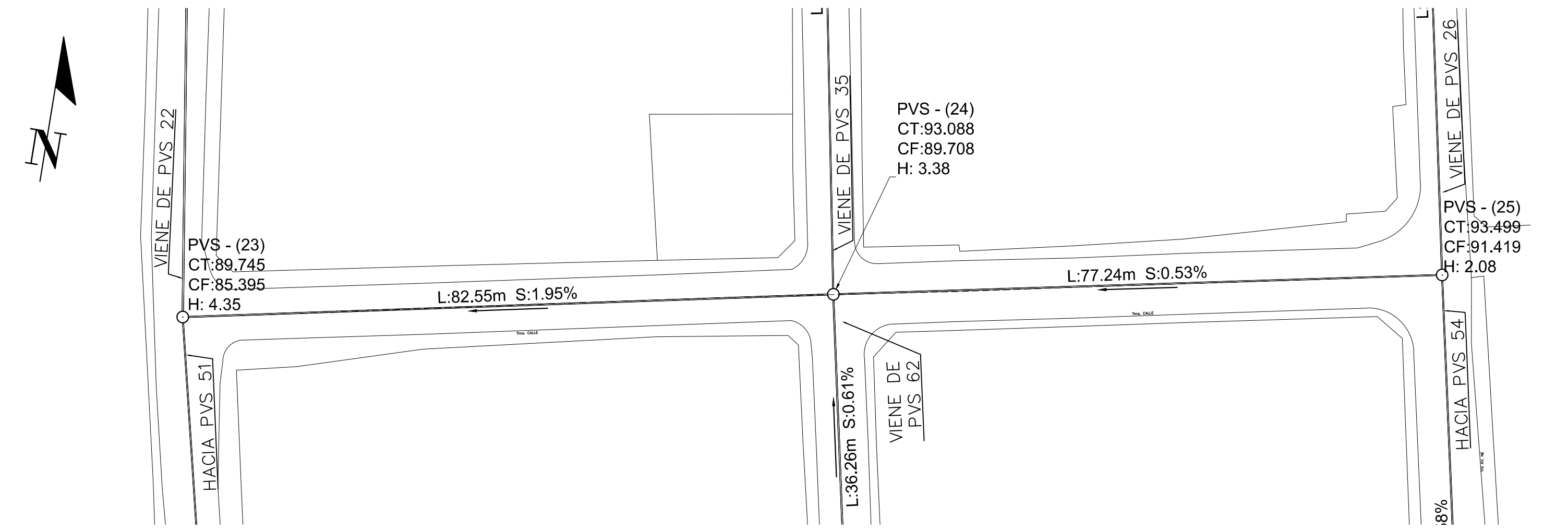
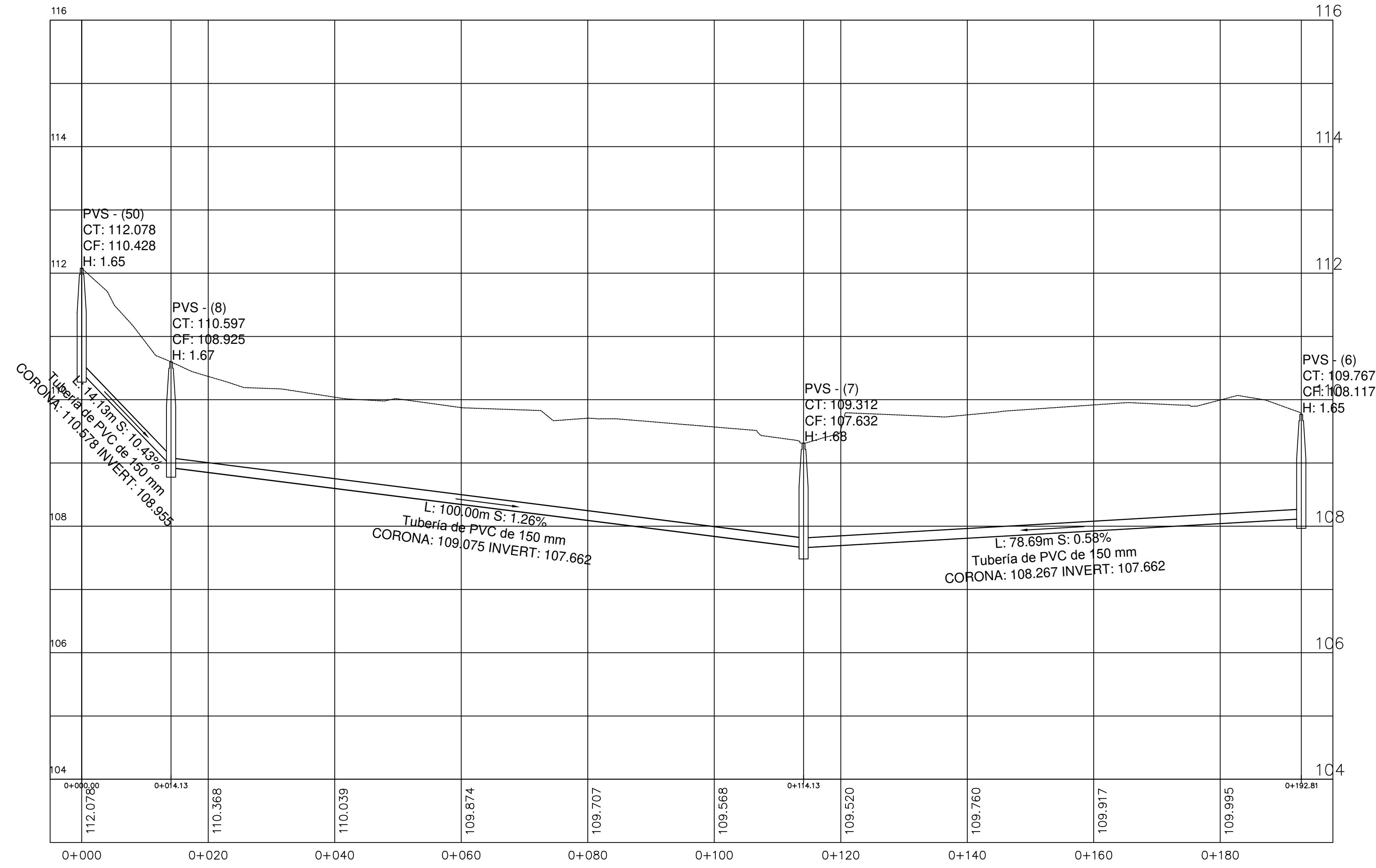
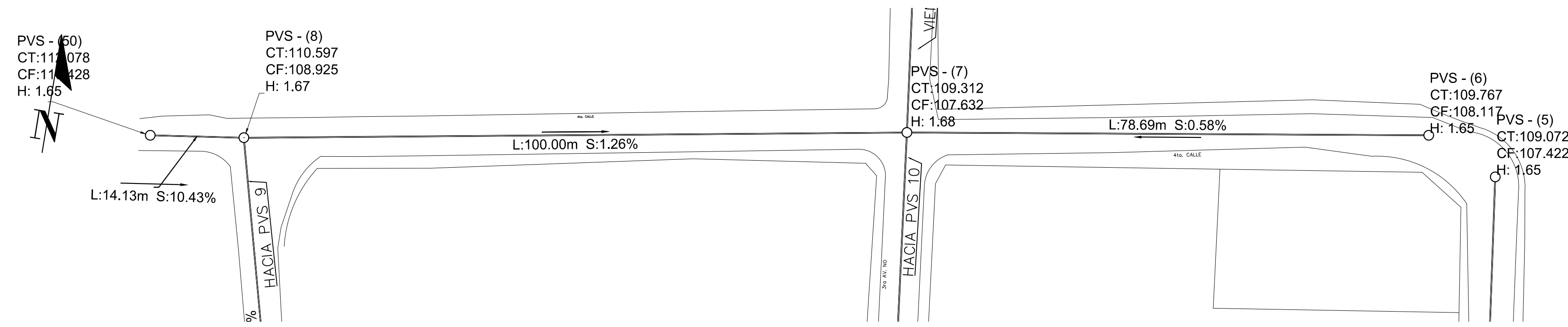
TRABAJO MONOGRÁFICO:
DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO
PARA EL ÁREA URBANA DE PUEBLO NUEVO, ESTELI

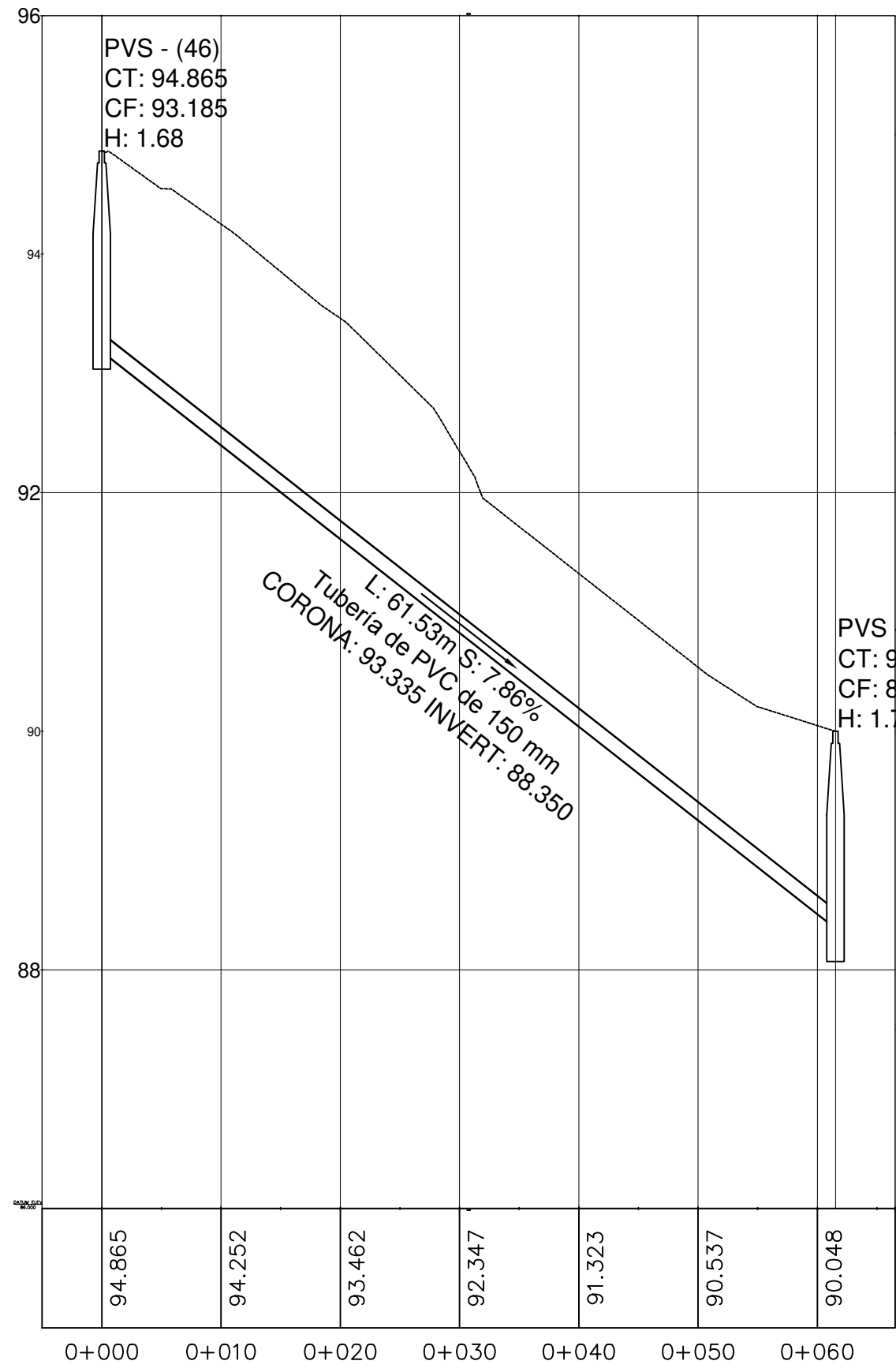
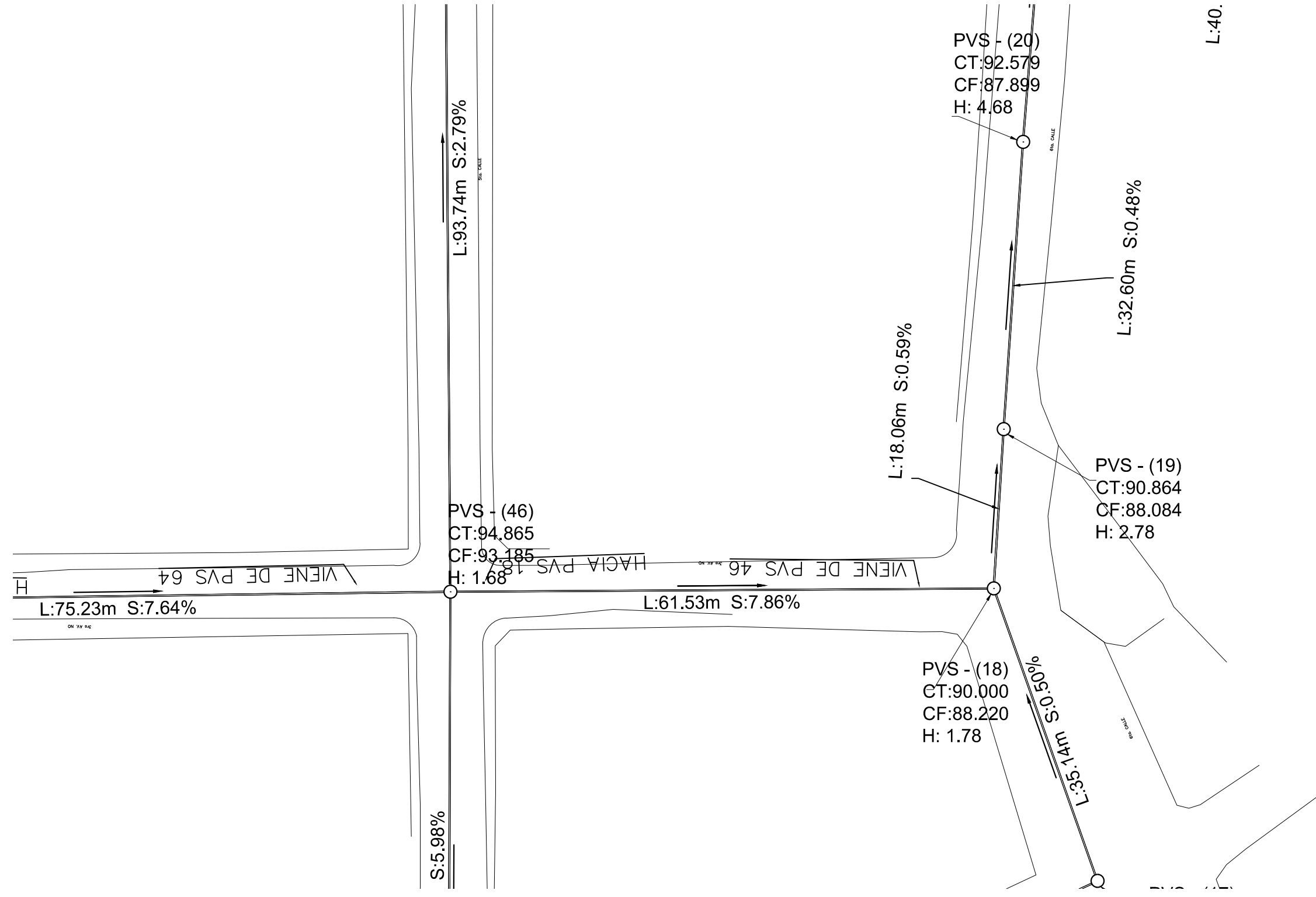
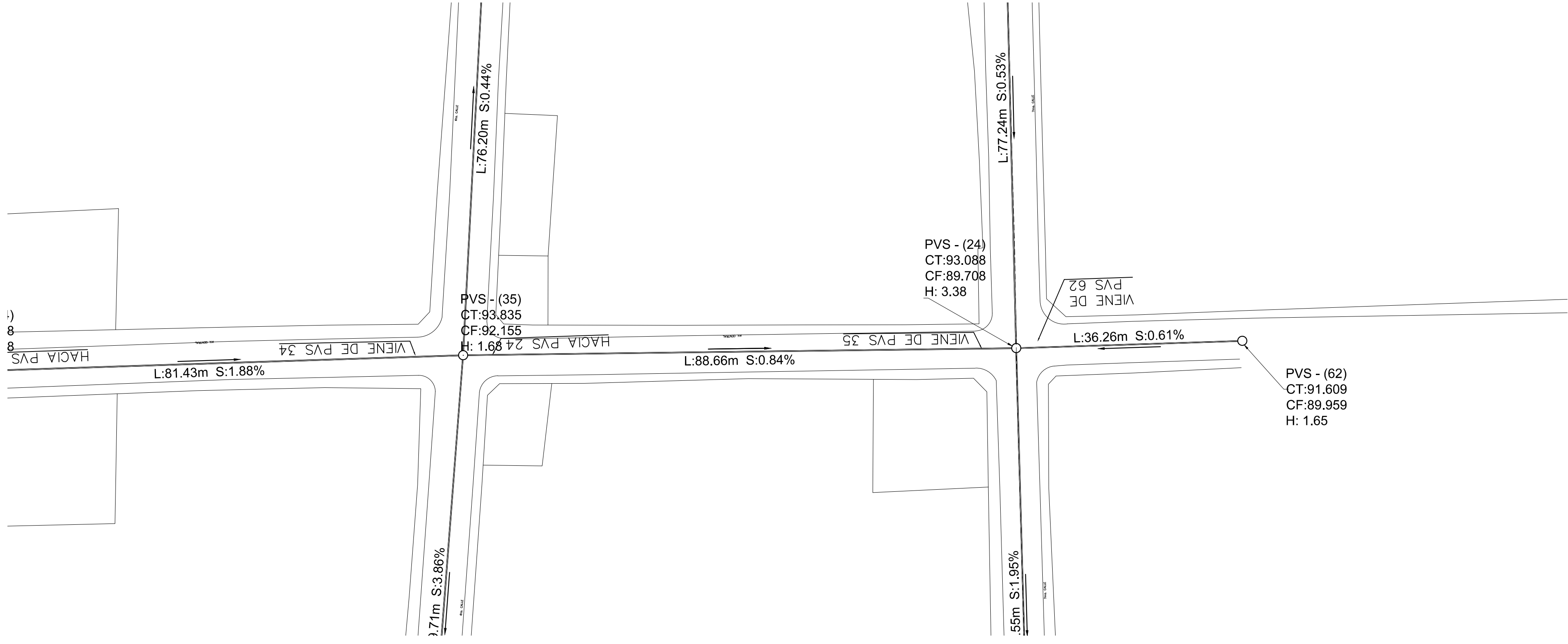
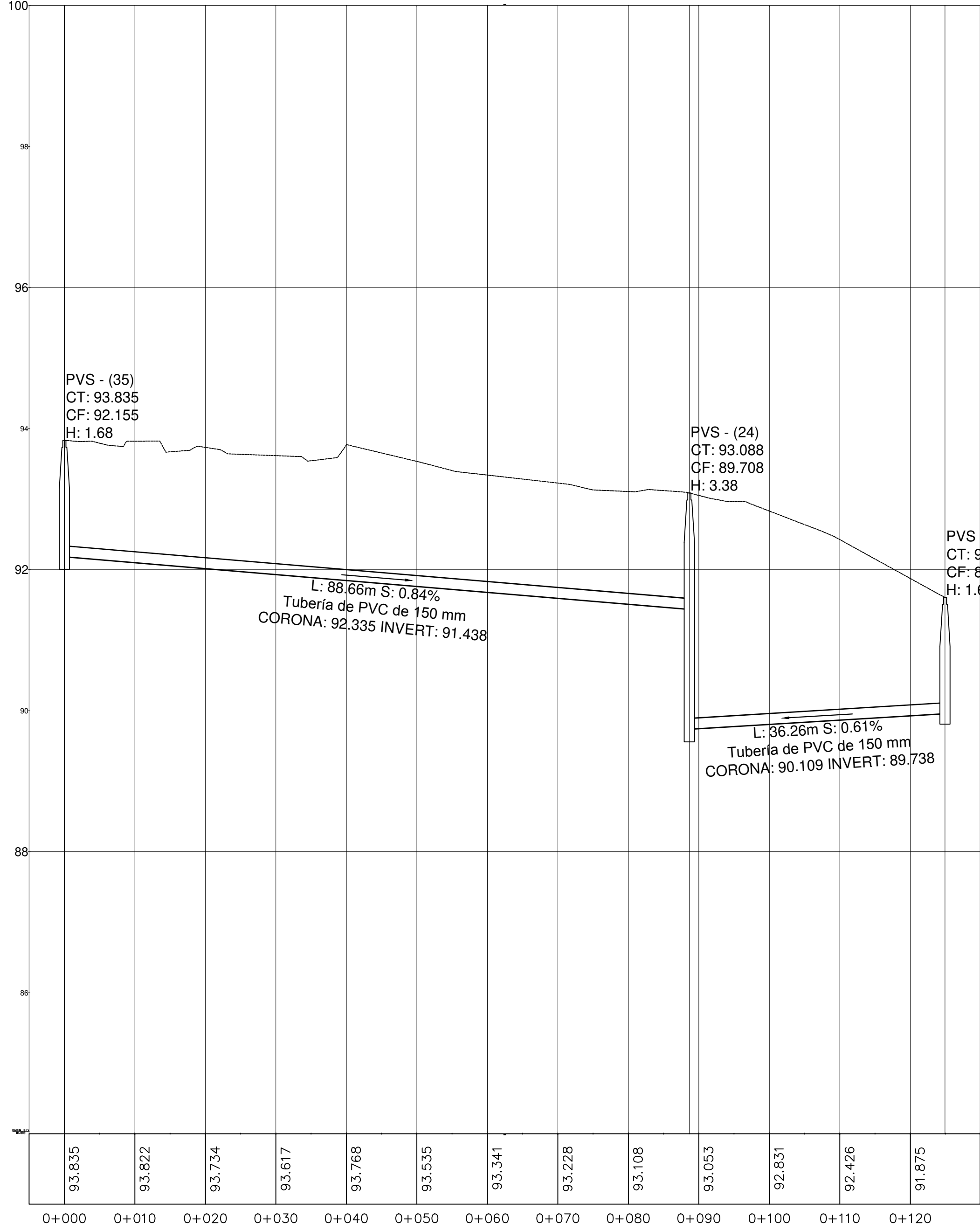
DESCRIPCIÓN:
APÉNDICE C - PLANO DE PLANTA Y PERFIL

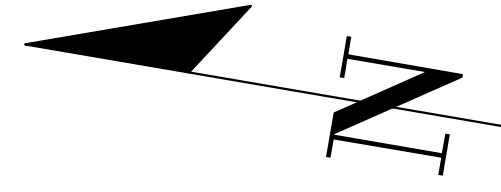
DIBUJÓ: Br. CAMAAN SAID ZELAYA VANEGAS
REVISADO POR: ING. NOÉ HERNÁNDEZ DURÁN
FECHA: 21/06/2016
ESCALA: 1:500

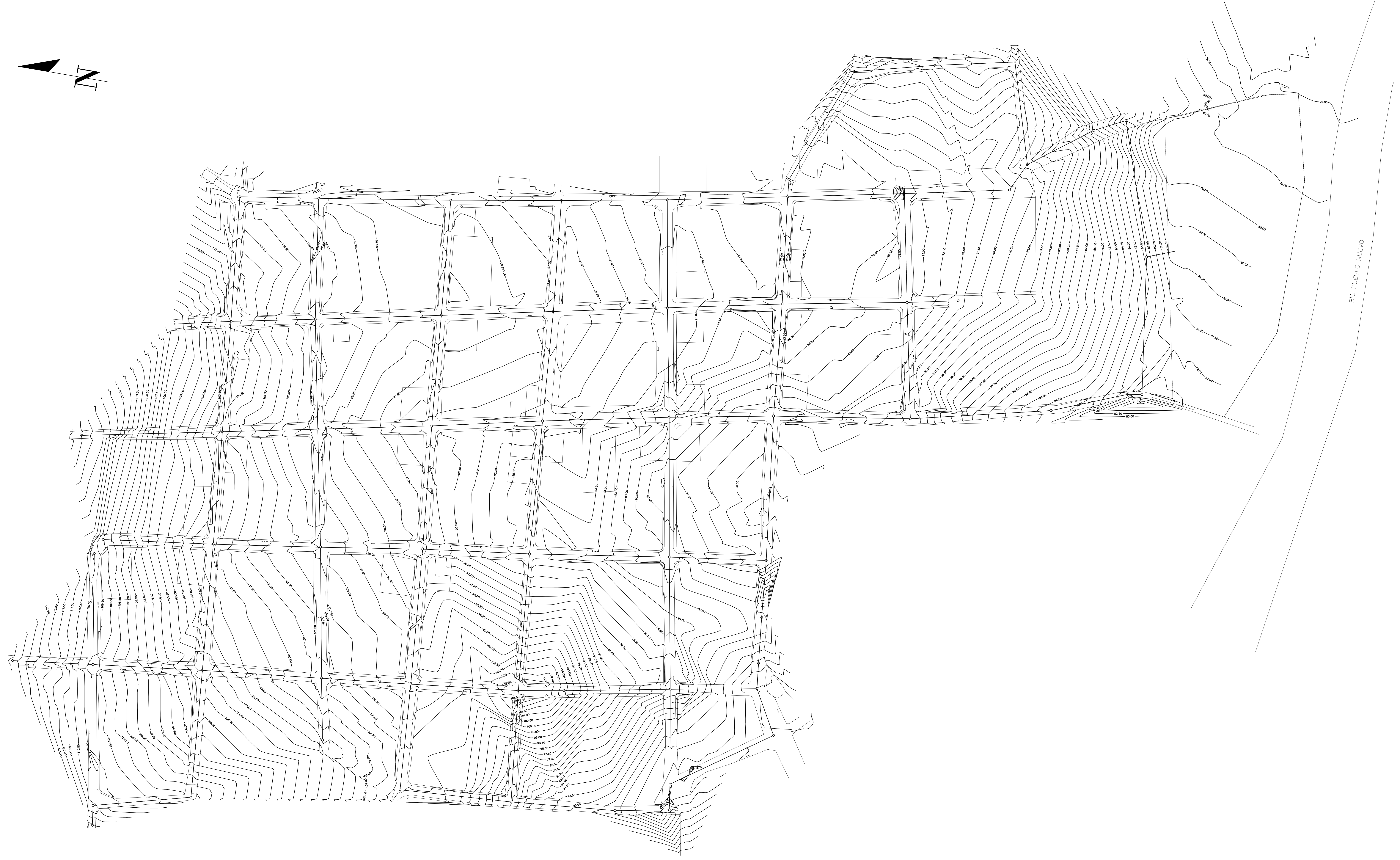
LÁMINA
A₁

15
19









TRABAJO MONOGRÁFICO:
DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO
PARA EL ÁREA URBANA DE PUEBLO NUEVO, ESTELI

DESCRIPCIÓN:
APÉNDICE C - PLANO DE PLANTA DE RED DE ALCANTARILLADO

DIBUJÓ: B^r CAMAAN SAID ZELAYA VANEGAS
REVISADO POR: ING. NOÉ HERNÁNDEZ DURÁN
FECHA: 21/06/2016
ESCALA: 1:1000

LÁMINA
A₁

ANEXO IV - SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO DISEÑO DE OBRAS PRELIMINARES

TABLA 31 CANAL DE ENTRADA

Datos	Símbolo	Valor	Unidad	Criterios	
Población	P	5617	Hab		
Dotación	Dot	105	lppd	INAA	
Ancho de Canal	B	0.50	m	0.30 m - 0.70 m	
Pendiente a lo largo del Canal	S	0.0050	m/m	Asumido	
Coeficiente de Manning	n	0.013		Concreto (INAA)	
Borde Libre	BL	0.30	m	0.20 m - 0.30 m	
Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	
Caudal Medio	Q_m	$\frac{P * Dot * 0.80}{86400}$	5.46	lt/seg	
			0.01	m³/seg	
Factor de Harmond	F	$F = \left[1 + \frac{14}{4 + \left(\frac{P}{1000} \right)^{1/2}} \right]$	3.00	-----	
Caudal Máximo	$Q_{m\acute{a}x}$	$Q_{m\acute{a}x} = Q_m * F$	16.38	lts/seg	
Caudal de Diseño	Q_d	$Q_{m\acute{a}x} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{inst}$	21.91	lts/seg	
			0.02	m³/seg	
Altura Máxima		$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_{m\acute{a}x} * B \left[\frac{H_{m\acute{a}x} * B}{B + 2H_{m\acute{a}x}} \right]^{\frac{2}{3}}$			
		$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}}$	0.00403		
	$H_{m\acute{a}x}$		0.0590	m	
Altura Media		$\frac{Q_m * n}{\sqrt{S}} = H_m * B \left[\frac{H_m * B}{B + 2H_m} \right]^{\frac{2}{3}}$			
		$\frac{Q_m * n}{\sqrt{S}}$	0.00100		
	H_m		0.0264	m	
Velocidad Máxima	$V_{m\acute{a}x}$	$\frac{Q_d}{B * H_{m\acute{a}x}}$	0.743	m/seg	0.40 - 0.75 m/seg, Cumple
Velocidad Media	V_m	$\frac{Q_m}{B * H_m}$	0.414	m/seg	0.40 - 0.75 m/seg, Cumple
Área Mojada	A_t	$B * H_{m\acute{a}x}$	0.030	m²	
Altura del Canal	H_{canal}		0.40	m	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO IV - SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO DISEÑO DE OBRAS PRELIMINARES

TABLA 32 REJA SENCILLA DE LIMPIEZA MANUAL

Datos	Símbolo	Valor	Unidades	Criterios
Caudal Medio	Qm	0.00546	m3/seg	
Caudal de Diseño	Qd	0.02191	m3/seg	
Altura Máxima de agua antes de la Reja	Hmáx	0.0590	m	
Altura Media de agua antes de la Reja	Hm	0.0264	m	
Ancho de Canal	B	0.50	m	0.30 m - 0.70 m
Ancho de Reja	b	0.50	m	Asumido
Velocidad Máxima de agua antes de la Reja	Vmáx	0.7426	m/seg	
Velocidad Media de agua antes de la Reja	Vm	0.4137	m/seg	
Factor de Forma de la Barras	β	1.79		Circular = 1.79 , Rectangular = 2.42
Inclinación de Reja	θ	45	°	45° - 60° con la Horizontal
Separación entre Barra	a	5.00	cm	2.50 cm - 5.00 cm
Espesor Barra	t	1.00	cm	0.50 cm - 1.50 cm
Pendiente a lo largo del Canal	S	0.0050	m/m	Asumido
Coeficiente de Manning	n	0.013		Concreto
Borde Libre	BL	0.30	m	0.20 m - 0.30 m

Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidades	Criterios
Área Total de la reja	A_t	$\frac{A_u}{E}$	0.0354	m ²	
Eficiencia	E	$\frac{a}{a + t}$	0.8333		0.60 - 0.85 (CEPIS)
Área Útil	A_u	$\frac{Q_d}{V_{máx}}$	0.0295	m ²	
Velocidad de Paso	V_p	$\frac{Q_d}{A_u}$	0.7426	m/seg	0.40 - 0.90 m/seg, Cumple
Verificación del ancho de la reja	b	$b = \frac{A_t}{H_{máx}}$	0.6000	m	b>B

Verificación de la Velocidad Media					
Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidades	Criterios
Área Total por Velocidad Media	A'_t	$b * H_m$	0.0158	m ²	
Área Útil por Velocidad Media	A'_u	$A'_t * E$	0.0132	m ²	
Velocidad Media	V'_m	$\frac{Q_m}{A'_u}$	0.4137	m/seg	0.40 - 0.75 m/seg, Cumple

Pérdidas					
Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidades	Criterios
Pérdida de Carga en Rejas Limpias	hf	$\beta * \left(\frac{t}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin\theta * \frac{V_m^2}{2g}$	0.0016	m	< 0.15, Cumple
Pérdida de Carga en Rejas (Parcialmente Obstruída)	hf _o	$\left(\frac{E}{E_o}\right)^2 * hf$	0.0028	m	< 0.15, Cumple
	E _o	0.75E	0.6250		(0.50 - 0.75), (0.75 = Parcialmente Obstruído)

Altura del Canal	H _{canal}	H _{canal} = H _{máx} + hf + BL	0.40	m	
------------------	--------------------	---	------	---	--

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO IV - SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO DISEÑO DE OBRAS PRELIMINARES

TABLA 33 DESARENADOR

Datos	Símbolo	Valor	Unidad	Criterios
Carga Superficial	Cs	1500	m ³ /m ² /día	700 - 1600
Caudal de Diseño	Qd	0.02191	m ³ /seg	
Velocidad de Flujo	V	0.30	m/seg	Valor INAA
Diámetro de Partícula	Ø	0.20	mm	> 0.20 mm, CEPIS
Velocidad de Sedimentación	Vs	0.021	m/seg	Ver Tabla D3
Número de Desarenadores	No	2	und	
Tiempo de Retención de Sedimento en Tolva	t	7	días	Por Mantenimiento
Coefficiente de Manning	n	0.013		Concreto

Dimensionamiento					
Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Ancho	<i>b</i>		0.50	m	Usar B de Canal de Entrada
Altura de Agua en el Canal de Llegada	<i>H_{agua}</i>	$\frac{Q_d}{b * V}$	0.1460	m	Canal de Entrada
Borde Libre	<i>BL</i>		0.30	m	Asumido
Largo	<i>L</i>	$\frac{V * H_{agua} * 86400}{C_s}$	2.5237	m	OPS/OMS/CEPIS
Radio Hidráulico	<i>Rh</i>	<i>A/P</i>	0.0922	m	
		$Rh^{2/3}$	0.2041		
Pendiente Longitudinal del Desarenador	<i>S</i>	$\left(\frac{n * V}{Rh^{2/3}}\right)^2$	0.0365	%	
Pérdidas en el Desarenador	<i>hf</i>	<i>S * L</i>	0.9217	mm	
Relación Largo/Ancho		<i>L/b</i>	5.0473		2.5:1 - 5:1
Relación Ancho/Profundidad		<i>b/H_{des}</i>	0.9157		1:1 - 5:1

Volumen de Tolva					
Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Cantidad de Material Retenido	<i>C_{ret}</i>		0.029	lts/m ³	Zona Residencial CEPIS
Volumen Sedimentado	<i>V_{sed}</i>	<i>C_{ret} * Qd * t</i>	384.23	lts	
Volumen Requerido de Tolva	<i>V_{req tolva}</i>	<i>V_{sed}</i>	0.384	m ³	
Altura de Tolva Propuesta	<i>H_{tolva}</i>		0.40	m	Propuesto
Ancho	<i>b</i>		0.50	m	Igual al Ancho del Canal
Largo	<i>L</i>		2.52	m	Longitud del Desarenador
Volumen Propuesto de Tolva	<i>V_{tolva}</i>	<i>H_{tolva} * b * L</i>	0.50	m ³	≥Vol.Req.Tolva, Cumple
Altura Total del Desarenador	<i>H_{des}</i>	$\Sigma H_{agua} + H_{tolva} + BL$	0.85	m	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO IV - SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO DISEÑO DE OBRAS PRELIMINARES

TABLA 34 MEDIDOR DE CAUDAL, CANAL PARSHALL

Datos	Símbolo	Valor	Unidad	Criterios
Caudales de Diseño	Q_{min}	0.0011	m ³ /seg	> 0.001 Cumple
	Q_d	0.0219	m ³ /seg	< 0.1104 Cumple
Ancho de Canal	B	0.50	m	
Ancho de Garganta	W'	0.25	m	1/3 - 1/2 de B
Ancho de Garganta Seleccionado	W	0.076	m	Ver Criterios Tabla 4.2
Dimensiones de Canal Parshall Seleccionado	A	0.467	m	
	2/3 A	0.311	m	
	Wc	0.198	m	
	B	0.457	m	
	C	0.178	m	
	D	0.259	m	
	E	0.61	m	
	F	0.152	m	
	G	0.305	m	
	K	0.025	m	
	N	0.057	m	
	R	0.406	m	
	M	0.305	m	
	P	0.768	m	
	X	0.025	m	
	Y	0.038	m	
	k	0.1765		Ver Criterios Tabla 4.3
	n	1.547		

Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Carga Piezométrica en Wc (Tramo Convergente)	Ha	$\sqrt[n]{Q_{max}/k}$	0.2596	m	Despejando Q = KH ⁿ
Carga Piezométrica en Tramo Contraído	Hb	$\sqrt[n]{Q_{min}/k}$	0.0374	m	
Ahogamiento		Hb/Ha	14.3943	%	< 60 %, Cumple
Velocidad en la Sección Wc	Vo	$\frac{Q_d}{Wc * Ha}$	0.4263	m/seg	
Carga Total en la Sección Wc	Hc	$\frac{V_o^2}{2g} + Ha + \frac{M}{4}$	0.3451	m	
Caudal Específico en W	q	Q_d/W	0.2882	m ³ /seg*m	
Angulo e	θ	$\cos^{-1} \left[\frac{-q * g}{\left(\frac{2}{3} * g * Hc \right)^{1/5}} \right]$	1.5708	rad	
Velocidad antes del Resalto	V ₁	$2 \left[\left(\frac{2g * Hc}{3} \right)^{0.5} * \cos \left(\frac{\theta}{3} \right) \right]$	2.6020	m/seg	2.5 m/seg - 3 m/seg
Altura de Agua antes del Resalto	h ₁	q/V_1	0.1108	m	
Froude	F	$\frac{V_1}{\sqrt{g * h_1}}$	2.4960		Régimen Supercrítico
Altura de Agua en el Resalto	h ₂	$\frac{h_1}{2} \left[\sqrt{1 + 8F^2} - 1 \right]$	0.3395	m	h ₁ < h ₂ , OK!!
Velocidad en el Resalto	V ₂	$\frac{Q_d}{W * h_2}$	0.8489	m/seg	
Altura de agua en la Salida del Canal	h ₃	$h_2 - (N - K)$	0.3075	m	
Velocidad en la Sección de Salida	V ₃	$\frac{Q_d}{C * h_3}$	0.4002	m/seg	
Pérdidas	hf	$\frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_2 * h_1}$	0.0796	m	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V - SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA I
TANQUE IMHOFF (PRIMARIO) Y BIOFILTRO (SECUNDARIO)

TABLA 35 TANQUE IMHOFF

Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Población	P		5,617	hab	
Dotación	Dot		105	lppd	
Sólidos en Suspensión	SS		412.12	mg/lt	Lagunas Matagalpa, ENACAL 2011
DBO ₅ Afluente	S _o		320.0	mg/lt	Lagunas Matagalpa, ENACAL 2011
Caudal Medio	Qm	$\frac{P * Dot * 0.80}{86400}$	0.00546	m ³ /seg	
Carga Percápita de DBO ₅	q	$S_o * Dot * 0.80$	26.880	grDBO/hab/día	
			0.0269	KgDBO/hab/día	
Carga Diaria de DBO	CTA	$q * P$	150.9850	KgDBO/día	
Coliformes Fecales en el Afluente	CFA		1.00E+07	NMP/100 ml	Asumido
Porcentaje de Remoción de DBO	R		40	%	40% - 60 % (25% - 35%, CEPIS)
Concentración de DBO ₅ en Afluente	S _o	$\frac{DBO_{dia}}{Q_m}$	320	mg /lt	Comprobación de "S _o " ENACAL
Concentración DBO en Efluente	S	$S_o - (R * S_o)$	192.00	mg /lt	
Remoción de Coliformes			15	%	
Coliformes Fecales en Efluente	CFE	$CFA - 15\% CFA$	8.50E+06	NMP / 100 ml	

Cámara de Sedimentación				
Datos	Símbolo	Valor	Unidad	Criterios
Carga Superficial	Cs	1.00	m ³ /m ² hr	1.0 - 1.7, INAA
Carga Sobre el Vertedero Efluente		24	m ³ /m.hr	7 - 25, INAA
Tiempo de Retención	Trs	2	hr	2-4, INAA
Velocidad Horizontal del Flujo	V _{flujo}	30	cm/min	INAA
Relación Longitud/Ancho (ΔL/Δb)	(ΔL/Δb)	3	relación 2:1-5:1	INAA
Pendiente del Fondo	z	1.5	relación 5:4-7:4	INAA
Abertura de Comunicación entre Cámaras		25	cm	15 - 30, INAA
Proyección Horizontal del Saliente		25	cm	15 - 30, INAA
Número de Sedimentadores	Ns	2		

Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Volumen Total de Sedimentación	Vs	$Q_m * Trs$	39.319	m ³	
Volumen por Sedimentador	Vsu	$\frac{V_s}{N_s}$	19.660	m ³	
Área Superficial mínima de Sedimentación	As	$\frac{Q_m}{C_s}$	19.660	m ²	
Área Superficial mínima por Sedimentador	Asu	$\frac{A_s}{N_s}$	9.830	m ²	
Ancho de Sedimentador	Bs	$\sqrt{\frac{A_{su}}{(\Delta L / \Delta b)}}$	1.810	m	
Longitud de Sedimentador	Ls	$B_s * (\Delta L / \Delta b)$	5.430	m	
Altura Triangular de Sedimentador	Hts	$\frac{B_s}{2} * z$	1.358	m	
Área Transversal Triangular de Sedimentador	Ats	$\frac{B_s}{2} * H_{ts}$	1.229	m ²	
Área Transversal Rectangular de Sedimentador	Ars	$\frac{V_{su} - (A_{ts} * L_s)}{L_s}$	2.392	m ²	
Altura Rectangular de Sedimentador	Hrs	$\frac{A_{rs}}{B_s}$	1.321	m	
Área Transversal Total de cada Sedimentador	ATS	$A_{rs} + A_{ts}$	3.620	m ²	
Altura Total de cada Sedimentador	HTS	$H_{rs} + H_{ts}$	2.679	m	
Revisión de Velocidad Horizontal del Flujo	V _{flujo}	$\frac{Q_m}{ATS * N_s}$	4.525	cm/min	< 30 cm/min, Cumple

Deflector de Espuma				
Datos	Símbolo	Valor	Unidad	Criterios
Por debajo de la Superficie		30	cm	25 - 40, INAA
Por encima de la Superficie		30	cm	INAA
Borde Libre	BL	60	cm	45 - 60, INAA

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V - SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA I
TANQUE IMHOFF (PRIMARIO) Y BIOFILTRO (SECUNDARIO)

TABLA 35 TANQUE IMHOFF

Zona de Ventilación de Gases					
Datos	Símbolo	Valor	Unidad	Criterios	
Anchura de Abertura	Aab	0.75	m	45 - 75cm	
Separación entre Sedimentadores	Ssed	1.5	m	> 1.00 m	
Superficie en % del Total		20	%	15 - 30%	

Cámara de Digestión					
Datos	Símbolo	Valor	Unidad	Criterios	
Temperatura de Agua	Ta	> 25	°C		
Factor de Capacidad Relativa	fcr	0.50		Ver Cuadro V-1	
Tiempo de Retención de lodos	Trc	30	días	Ver Cuadro V-2	
Pendiente del Fondo	a	2		INAA	
Tubería de Extracción de Lodos	φ	25	cm	20 - 30, INAA	
		0.15	m	Al Fondo de Tanque	
Número de Cámaras	Nc	2	und		

Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Longitud de Cámara	Lc	L_s	5.430	m	
Volumen por Cámara	Vcu	$\frac{70 * P * fcr}{1000}$	98.298	m³	OPS, CEPIS, 05
Base Mayor de Cámara de Lodos	BMc	$2B_s + 2A_{ab} + S_{sed}$	6.620	m	
Base Menor de Cámara de Lodos	Bmc		1.000	m	
Altura en Zona Trapezoidal	Htc	$\frac{BMc - Bmc}{2 * a}$	1.405	m	
Volumen en Zona Trapezoidal	Vtc	$\left(\frac{H_{tc}}{3}\right) * \left[(BMc * L_c) + Bmc^2 + \sqrt{(BMc * L_c) * Bmc^2} \right]$	10.057	m³	
Volumen en Zona Recta de Cámara	Vrc	$V_{cu} - V_{tc}$	88.240	m³	
Altura de Lodos en Zona Recta de Cámara	Hrc	$\frac{V_{rc}}{L_c * BMc}$	2.454	m	
Distancia Libre hasta el Nivel de Lodos			71.17	cm	30 - 90, INAA
Profundidad Total del Tanque	HT		7.25	m	7.25 - 9,5 INAA

Lecho de Secado					
Datos	Símbolo	Valor	Unidad	Criterios	
Densidad de los Lodos	ρ _{lodo}	1.04	kg/lt	CEPIS	
Sólidos Contenidos en los Lodos	% Sólidos	10.00	%	CEPIS	
Altura del Lecho	HI	0.40	m	0.2 - 0.4 m, CEPIS	

Cálculos	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Carga de Sólidos que Ingresa al Sedimentador	C	$Q_m * SS$	194.450	Kg de SS/día	
Masa de Sólidos que Conforman los Sólidos	Msd	$0.325 * C$	63.196	Kg de SS/día	
Volumen Diario de Lodos Digeridos	Vld	$\frac{M_{sd}}{\rho_{lodos} * \left(\frac{\% Sólidos}{100}\right)}$	607.655	lts/día	
Volumen de Lodos a Extraerse del Tanque	V _{extracción}	$V_{ld} * Trc$	18.23	m³	
Área del Lecho de Secado	Als	$V_{extracción} / HI$	45.57	m²	
Ancho del Lecho de Secado	Bls		5.00	m	Asumido
Largo del Lecho de Secado	Lls	Als / Bls	9.11	m	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro V-1. Tiempo de digestión en días	
Temperatura de Agua °C	Tiempo de Digestión en Días
5	110
15	55
20	40
> 25	30

Fuente: OPS, CEPIS, Lima 2005

Cuadro V-2. Factor de capacidad relativa

Temperatura de Agua °C	Factor de Capacidad Relativa
5	2
10	1.4
15	1
20	0.7
> 25	0.5

Fuente: OPS, CEPIS, Lima 2005

Tabla Resumen Tanque Imhoff

Ancho de Sedimentador	Bs	1.81	m
Longitud de Sedimentador	Ls	5.43	m
Altura Total de cada Sedimentador	HTS	2.68	m
Longitud de Cámara	Lc	5.43	m
Base Mayor de Cámara de Lodos	BMc	6.62	m
Base Menor de Cámara de Lodos	Bmc	1.00	m
Altura en Zona Trapezoidal	Htc	1.41	m

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V - SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA I
TANQUE IMHOFF (PRIMARIO) Y BIOFILTRO (SECUNDARIO)

TABLA 36 BIOFILTRO

Descripción	Símbolo	Fórmulas	Valor	Unidad	Criterios
DBO ₅ Afluyente	S _o		192.00	mg/lit	
DBO ₅ Efluente Esperado	S		5.0000	mg /lit	< 30 mg/lit, Cumple
Caudal Medio	Qm	$\frac{P * Dot * 0.80}{86400}$	0.00546	m ³ /seg	
			471.83	m ³ /día	
Medio Filtrante		Grava gruesa			
Porosidad	η		0.45		INAA, Tabla 11-5 (XI-9)
Conductividad Hidráulica	Ks		100000	m/día	INAA, Tabla 11-5 (XI-9)
Profundidad Media del Humedal	Hm		0.60	m	0.40 - 0.85 m
Temperatura del Aire en el Mes más Frio.	T _{aire}		20.0	°C	
Temperatura del Agua en el Mes más Frío	Ta	$10.443 + (0.688 * T_{aire})$	24.2	°C	
Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C	K _{20°C}	$1.839 * 37.31 * n^{4.172}$	2.453	d ⁻¹	
Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente	K _{d(Ta)}	$K_{20°C} * 1.06^{(Ta-20°C)}$	3.133	d ⁻¹	
Superficie Requerida					
Cálculo	Símbolo	Fórmulas	Valor	Unidad	Criterios
Area Superficial Requerida	As	$\frac{Q_m * [\ln(CFA) - \ln(CFE)]}{K_d(Ta) * H_m * \eta}$	5433	m ²	
Tiempo de Retención Hidráulica	Tr	$\frac{A_s * H_m * \eta}{Q_m}$	3.11	días	
Carga Orgánica	Corg	$S_o * CH$	166.74	KgDBO/ha*día	> 112, Fuera de lo Típico
Carga Hidráulica	CH	$\frac{Q_m}{A_s}$	868.42	m ³ /ha*d	470-1870, Cumple

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V - SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA I
TANQUE IMHOFF (PRIMARIO) Y BIOFILTRO (SECUNDARIO)

TABLA 36 BIOFILTRO

Remoción de Coliformes y Materia Orgánica					
Cálculo	Símbolo	Fórmulas	Valor	Unidad	Criterios
Coliformes Fecales en el Afluente	CFA		8.50E+06	NMP/100 ml	
Coliformes Fecales en el Efluente	CFE		5.00E+02	NMP/100 ml	< 1.00E+03, Cumple
Coliformes Fecales Removidos	CF _{remov.}		99.99	%	
DBO ₅ Removido	DBO _{5remov.}		97.40	%	

Diseño Geométrico					
Cálculos	Símbolo	Fórmulas	Valor	Unidad	Criterios
Número de Biofiltros	N		3	unid	
Superficie Unitaria	Asu	A_s/N	1811.051	m ²	
Caudal Unitario	Qm	Q_m/N	157.276	m ³ /día	
Pendiente del Fondo del Lecho	i		0.005	m/m	> 0.001 m/m
Relacion Largo/Ancho	L/B		0.8		
Ancho Unitario	B	$\sqrt{A_{su}/L/B}$	48	m	
Largo Unitario	L	A_{su}/B	38	m	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V - SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA I
TANQUE IMHOFF (PRIMARIO) Y BIOFILTRO (SECUNDARIO)
TABLA 36 BIOFILTRO

Detalles Geométricos					
Cálculos	Símbolo	Fórmulas	Valor	Unidad	Criterios
Espesor de Tierra Superficial	Ht		0.10	m	0.05 - 0.15 m
Altura de Borde Libre	BL		0.20	m	0.2 - 0.9 m
Espesor del Lecho Filtrante en la Entrada del Biofiltro	H1	$H_m - (L/2 * i)$	0.5048	m	
Profundidad del Humedal en la Entrada del Biofiltro	He	$H_t + BL + H_1$	0.8048	m	
Espesor del Lecho Filtrante en la Salida del Biofiltro	H2	$H_m + (L/2 * i)$	0.6952	m	
Profundidad de Salida del Humedal	Hs	$H_t + BL + H_2$	0.9952	m	
Talud a lo largo	zL		2/3		
Margen Extra de Longitud a la Entrada del Humedal	Le	H_e/zL	1.2073	m	
Margen Extra de Longitud a la Salida del Humedal	Ls	H_s/zL	1.4927	m	
Longitud Total de Biofiltro	Lt	$L + L_e + L_s$	40.76	m	
Talud de Entrada del Humedal	zB		2/3		
Margen Extra de la Base del Humedal	Bm	H_e/zB	1.2073	m	
Talud a lo ancho de la Salida del Humedal	zB'	H_s/B_m	0.824		

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V - SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA II
LAGUNA FACULTATIVA (PRIMARIA) Y LAGUNA AEROBIA (SECUNDARIA)

TABLA 37 DISEÑO DE LAGUNA FACULTATIVA

Datos	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Población	P		5,617	hab	
Dotación.	Dot		105	lppd	
Aporte de Agua Residual			0.80		
Caudal Medio	Qm	$\frac{P * Dot * 0.80}{86400}$	5.461	lts/seg	
			471828	lts/día	
			471.828	m ³ /día	
DBO ₅ Afluyente	So		320.00	mg/lt	Lagunas Matagalpa, ENACAL 2011
Carga Percápita de DBO ₅ Afluyente	q	$S_o * Dot * 0.80$	26.88	gr/hab*día	
Coliformes Fecales en el Afluyente.	CFA		1.00E+07	NMP/100ml	

Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Carga Total Aplicada de DBO5	CTA	$S_o * Q_m$	150.985	KgDBO/día	
Temperatura del Aire en el Mes más Frio.	T _{aire}		20.0	°C	
Temperatura del Agua en el Mes más Frio	Ta	$10.443 + (0.688 * T_{aire})$	24.2	°C	
Carga Superficial Máxima	CS _{máx}	$357.4 * (1.085^{(T_a - 20^\circ C)})$	503.577	KgDBO/Ha*día	(Yanez)Perú, CEPIS
Carga Superficial Aplicada	CSA	$0.80 * CS_{máx}$	402.861	KgDBO/Ha*día	(70-90%)CS _{máx}
Área Total de Lagunas Facultativas	A _t	CTA/CSA	0.375	Ha	CEPIS
			3747.813	m ²	CEPIS
Número de Laguna	N		2	unid.	
Área Requerida por Laguna	A _u	A_t / N	1873.907	m ²	CEPIS

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V - SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA II
LAGUNA FACULTATIVA (PRIMARIA) Y LAGUNA AEROBIA (SECUNDARIA)

TABLA 37 DISEÑO DE LAGUNA FACULTATIVA

Dimensionamiento					
Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Altura de Agua	H		2.00	m	1.5 - 2.5
Relación Largo/Ancho	n	L/B	2	m	$2 \leq L/B \leq 4$
Ancho en Superficie de Agua	B	$\sqrt{(A_u/n)}$	30.610	m	
Longitud en Superficie de Agua	L	$n * B$	61.219	m	
Talud Interno de Laguna	z		1/3		1/2 ó 1/3
Ancho Interior	b	$B - (2 * \frac{H}{z})$	18.610	m	
Longitud Interior	l	$L - (2 * \frac{H}{z})$	49.219	m	
Volumen de Laguna	V	$\frac{H}{6} * [B(2L + l) + b(2l + L)]$	2741.864	m ³	
Período Retención	Pr	$\frac{V}{Q_m/N}$	11.622	días	7 - 15 días, Cumple
Borde Libre					
Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Aumento de largo y Ancho del perimetraje superior (L y B)	BL		2.000	m	
Ancho Total	Bt	$B + BL$	32.610	m	
Longitud Total	Lt	$L + BL$	63.219	m	
Altura Total	Ht	$H + (BL * z)$	2.333	m	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V - SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA II
LAGUNA FACULTATIVA (PRIMARIA) Y LAGUNA AEROBIA (SECUNDARIA)

TABLA 37 DISEÑO DE LAGUNA FACULTATIVA

1. REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DBO ₅					
Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C	$K_{20^{\circ}\text{C}}$	$\frac{P_r}{-14.77 + (4.46 * P_r)}$	0.314	d ⁻¹	
Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente	$K_{d(Ta)}$	$K_{20^{\circ}\text{C}} * 1.085^{(T_a - 20^{\circ}\text{C})}$	0.442	d ⁻¹	

a. MARAIS CHOW					
DBO Remanente en el Efluente	S	$\frac{S_o}{1 + (K_d * P_r)}$	52.161	mg/lt	No Cumple
Porcentaje Remanente de DBO ₅ en el Efluente	%S	$\left(\frac{S}{S_o}\right) * 100$	16.300	%	
Porcentaje Removido DBO ₅ del Afluente		$100 - \%S$	83.700	%	

b. CEPIS (Dr. YANEZ)					
Carga Superficial Removida	CSremov	$7.67 + (0.8063 * CSA)$	332.497	kgDBO/Ha*día	
Carga Superficial Remanente	CSreman	$CSA - CS_{remov}$	70.364	kgDBO/Ha*día	
Porcentaje Remanente DBO ₅ en el Efluente	%CSreman	$\left(\frac{CS_{reman}}{CSA}\right) * 100$	17.466	%	
Porcentaje Removido DBO ₅ del Afluente		$100 - \%CS_{reman}$	82.534	%	
Carga Total Aplicada en el Efluente	CTA _{efluente}	$CS_{reman} * A_t$	26.371	KgDBO/día	
Concentración DBO ₅ en el Efluente	S	$\frac{CTA_{efluente}}{Q_m}$	55.892	mgDBO/lt	No Cumple

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V - SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA II
LAGUNA FACULTATIVA (PRIMARIA) Y LAGUNA AEROBIA (SECUNDARIA)

TABLA 37 DISEÑO DE LAGUNA FACULTATIVA

c. THIRIMURTY					
Factor Geométrico	x	n	2		
Factor de Dispersión	d	$\frac{x}{-0.26118 + 0.25392x + 1.01368x^2}$	0.465		
Constante Adimensional	a	$\sqrt{1 + (4 * K_{d(T_d)} * d * P_r)}$	3.248		
Concentracion de DBO Remanente en el Efluente	S	$\frac{S_o * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2a}\right)}}{(1+a)^2}$	20.538	mgDBO/lit	< 30 mg/lit, Cumple
Porcentaje Remanente DBO en el Efluente	%S	$100 * (S/S_o)$	6.418	%	
Porcentaje Removido DBO del Afluente		$100 * \%S$	93.582	%	

2. REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES					
a. MARAIS CHOW					
Coeficiente de Mortandad de Coliformes Fecales	Kb	$0.84 * 1.07^{(T_a - 20)}$	1.116		
Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	CFE	$\frac{CFA}{1 + K_b + P_r}$	7.16E+05	NMP /100 ml	> 1.00E+3, No Cumple
Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	%CFE	$(CFE/CFA) * 100$	7.156	%	
Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente		$100 - \%CFE$	92.844	%	

b. THIRIMURTY					
Constante adimensional	a	$\sqrt{1 + (4 * K_b * d * P_r)}$	5.013	Adim	
Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	CFE	$\frac{CFA * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2a}\right)}}{(1+a)^2}$	7.411E+04	NMP/100ml	> 1.00E+3, No Cumple
Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	%CFE	$(CFE/CFA) * 100$	0.741	%	
Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente		$100 - \%CFE$	99.259	%	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V - SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA II
LAGUNA FACULTATIVA (PRIMARIA) Y LAGUNA AERÓBIA (SECUNDARIA)

TABLA 38 DISEÑO DE LAGUNA AERÓBIA

Datos	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Caudal Medio	Qm		5.46	lps	
			471828.00	lpd	
			471.83	m3/d	
Concentración de DBO ₅ en el Afluente (Efluente de Lag. Facultativa)	So	Marais Chow	52.16	mg/lt	
		CEPIS	55.89	mg/lt	
		Thirimurty	20.54	mg/lt	
Coliformes Fecales Afluentes (Efluente de Lag. Facultativa)	CFA	Marais Chow	7.156E+05	NMP/100ml	
		Thirimurty	7.411E+04	NMP/100ml	
Carga Total Aplicada (según Marais Chow, CEPIS y Thirimurty, respectivamente)	CTA	$S_o * Q_m$	24.61	Kg/día	
			26.37	Kg/día	
			9.69	Kg/día	
Área Total de Lagunas Aeróbias	A _t	Área Total de Lag. Fac. Prim	0.37	Ha	
			3747.81	m ²	
Número de Lagunas	N		2	unidad	
Área Requerida por Laguna	A _u	A_t / N	0.19	Ha	
			1873.91	m ²	
Carga Superficial Aplicada (según Marais Chow y Thirimurty)	CSA	CTA / A_t	131.34	Kg DBO/Ha*d	< 150, Cumple
			51.71	Kg DBO/Ha*d	< 150, Cumple

Dimensionamiento					
Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Altura de Agua	H		1.50	m	1.00 - 1.50 m
Relación Largo/Ancho	n	L/B	2.00	m	$2 \leq L/B \leq 4$
Ancho en Superficie de Agua	B	$\sqrt{(A_u/n)}$	30.61	m	
Longitud en Superficie de Agua	L	$n * B$	61.22	m	
Talud Interno de Laguna	z		0.50		1/2 ó 1/3
Ancho Interior	b	$B - (2 * \frac{H}{z})$	24.61	m	
Longitud Interior	l	$L - (2 * \frac{H}{z})$	55.22	m	
Volumen de Laguna	V	$\frac{H}{3} [(B * L) + (b * l) + \sqrt{(B * L)(b * l)}]$	1723.86	m ³	
Período Retención	Pr		7.31	días	7 - 15 días, Cumple

Borde Libre y Canal					
Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Aumento de largo y Ancho del perimetraje superior (L y B)	BL	$H + (BL * z)$	2.00	m	
Ancho Total	Bt	$B + BL$	32.61	m	
Longitud Total	Lt	$L + BL$	63.22	m	
Altura Total	Ht		2.00	m	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V - SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA II
LAGUNA FACULTATIVA (PRIMARIA) Y LAGUNA AERÓBIA (SECUNDARIA)

TABLA 38 DISEÑO DE LAGUNA AERÓBIA

Canal con Pantalla Deflectora					
Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Ancho de Canal	B_{disp}	B/n	10.20	m	
Longitud de Canal	L_{disp}	nL	183.66	m	

1. REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DBO ₅					
Cálculo	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterios
Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C	$K_{20°C}$	$\frac{P_r}{-14.77 + 4.46 * P_r}$	0.41	d ⁻¹	
Temperatura del Aire en el Mes más Frio.	T_{aire}		20.00	°C	
Temperatura Superficial del Agua.	T_a	$10.443 + (0.688 * T_{aire})$	24.20	°C	
Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente	$K_d(T_a)$	$K_{20°C} * 1.085^{(T_a - 20°C)}$	0.58	d ⁻¹	

a. MARAIS CHOW					
DBO Remanente en el Efluente	S	$\frac{S_0}{1 + (K_d * P_r)}$	9.99	mg/lit	< 30 mg/lit, Cumple
Porcentaje Remanente de DBO ₅ en el Efluente	%S	$(S/S_0) * 100$	19.15	%	
Porcentaje Removido DBO ₅ del Afluente		$100 - \%S$	80.85	%	

b. CEPIS (Dr. Yáñez)					
Carga Superficial Aplicada de Lag. Facultativa Primaria	$CS_{Lag. Fac. Prim}$	$\frac{V}{Q_m/N}$	402.86	Kg DBO ₅ /Ha*d	
Relación DBO _{total} /DBO _{Soluble}		$DBO_{total}/DBO_{Soluble}$	1.78		Ver Cuadro E-2.2(a)
Carga Superficial Remanente en Lag. Facultativa Primaria	$CS_{reman. Lag. Fac. Prim.}$	$\frac{V}{Q_m/N}$	70.36	Kg DBO ₅ /Ha*d	
Carga Superficial Aplicada (según CEPIS)	$CSA (CEPIS)$	$DBO_{total}/DBO_{Soluble} * CS_{reman. Lag. Fac. Prim}$	125.25	Kg DBO ₅ /Ha*d	< 150, Cumple
Carga Superficial Removida	CS_{remov}	$0.765 * CSA (CEPIS) - 0.8$	95.02	Kg DBO ₅ /Ha*d	
Carga Superficial Remanente	CS_{reman}	$CSA (CEPIS) - CS_{remov}$	30.23	Kg DBO ₅ /Ha*d	
Carga Total en el Efluente	$CTA_{efluente}$	$CS_{reman} * A_t$	11.33	Kg/día	
Concentración de DBO ₅ en el Efluente	S	$CTA_{efluente}/Q_m$	24.01	mg/lit	< 30 mg/lit, Cumple

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V - SISTEMAS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA II
LAGUNA FACULTATIVA (PRIMARIA) Y LAGUNA AERÓBIA (SECUNDARIA)

TABLA 38 DISEÑO DE LAGUNA AERÓBIA

c. THIRIMURTY					
Factor Geométrico	x	L_{disp}/B_{disp}	18.00		
Factor de dispersión	d	$\frac{x}{-0.26118 + 0.25392x + 1.01368x^2}$	0.05		
Constante adimensional	a	$\sqrt{1 + (4 * K_d(r_{K_d}) * d * P_r)}$	1.38		
DBO Remanente en el Efluente	S	$\frac{S_o * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1+a)^2}$	0.58	mg/lt	< 30 mg/lt, Cumple
Porcentaje Remanente DBO en el Efluente	%S	$\left(\frac{S}{S_o}\right) * 100$	2.82	%	
Porcentaje Removido DBO del Afluente		$100 - \%S$	97.18	%	

2. REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES					
a. MARAIS CHOW					
Coeficiente de Mortandad de Coliformes Fecales	Kb	$0.84 * 1.07^{(T_a - 20)}$	1.12		
Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	CFE	$\frac{CFA}{1 + K_b + P_r}$	78150.43	NMP/100 ml	> 1.00E+3, No Cumple
Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	%CFE	$\left(\frac{CFE}{CFA}\right) * 100$	10.92	%	
Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente		$100 - \%CFE$	89.08	%	

b. THIRIMURTY					
Factor "a"	a	$\sqrt{1 + (4 * K_d * d * P_r)}$	1.66	Adim	
Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	CFE	$\frac{CFA * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1+a)^2}$	1.518E+02	NMP/100ml	< 1.00E+3, Cumple
Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente	%CFE	$\left(\frac{CFE}{CFA}\right) * 100$	0.20	%	
Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente		$100 - \%CFE$	99.80	%	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO VI - EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

TABLA 39 - IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS Y ACCIÓN CAUSANTE

Factor Ambiental	Fases del Proyecto		Acciones Impactantes	Observaciones
	C	O		
1. Aire				
Contaminación de aire por SOx, NOx, CO, HC, CH4, H2S	-	-	Vapores de Combustión. (por ejemplo CO2 y CO)	En la fase de construcción del Sistema de Alcantarillado Sanitario y del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales es necesario la utilización de equipos pesados para la realización de movimientos de tierras con el fin de preparar el terreno para el emplazamiento de las tuberías, construcción de pozos de visitas, construcción de sistemas que servirán para recepcionar y tratar las aguas residuales. Como consecuencia en esta etapa se producen o generan una gran cantidad de partículas sólidas de polvo que flotan en el aire o en dependencia de su masa son conducidas hacia otros puntos del área del proyecto, contribuyendo de esta manera a la contaminación atmosféricas por partículas sólidas, las cuales generan problemas en las vías respiratorias de las personas.
Contaminación Microbiológica	-	-	Gases producidos por la descomposición de materia orgánica.	
Contaminación por Ruidos	-		Uso de maquinaria pesada y artefactos eléctricos.	
Contaminación por Partículas	-		Movimiento de tierra, transporte de materiales, maquinaria pesada, gases de combustión, cementaciones.	
Contaminación por Olores	-	-	Desinfectantes, HC, gases, descomposición de la materia orgánica.	Por otro lado la maquinaria pesada utilizada en la fase de construcción, genera gases tales como: CO2, CO, contribuyen a los procesos de contaminación del aire, agregado a todo esto están los plaguicidas que son utilizados para controlar vectores y microorganismos que pueden ser trasladados por el aire. El ruido producidos por motores o equipos también forman parte de los contaminantes del aire, el olor producido por la descomposición de la materia orgánica es otro contaminante del aire y se origina del sistema de alcantarillado sanitario y principalmente del sistema de tratamiento.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO VI - EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

TABLA 39 - IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS Y ACCIÓN CAUSANTE

Factor Ambiental	Fases del Proyecto		Acciones Impactantes	Observaciones
	C	O		
2. Suelo				
Erosión	-		Zanjeo, Movimiento de tierra	Con la eliminación de la capa superficial del suelo, la nivelación, el relleno y compactación, las propiedades físicas y químicas se transformaran a nivel superficial en el área del proyecto. El hábitat de los microorganismos adaptados a este sistema será alterado con el cambio de la capa superior del suelo por la disminución de concentración de oxígeno difundido en el lecho poroso producto del grado de compactación.
Pérdida de Suelo Fértil	-		Remoción de capa vegetal, derrame de grasa, lubricantes y combustibles	
Contaminación de Suelo y Sub-Suelo por Derrame de Combustible	-		Reparaciones mecánicas, escapes y fugas, fallas de funcionamiento de equipos, maquinaria pesada, transporte de materiales, trasiego y almacenamiento de combustible.	Dada la necesidad de utilizar maquinaria pesada durante los trabajos de movimiento de tierra, se prevé el posible derramamiento de aceites, grasas, lubricantes y combustibles, tanto en las labores de operación de las mismas como en reparaciones y mantenimiento, lo que incidirá de forma directa en la contaminación del suelo.
Cambio en la topografía y en el drenaje natural-superficial	-	-	Cortes y rellenos, impermeabilización y cimentaciones de suelo	
3. Agua				
Calidad de Agua Subterránea	-	+	Infiltración de aguas residuales crudas y tratadas, contaminación del suelo.	Se espera, que con la implementación del proyecto las enfermedades EDAs, IRAs, Vectoriales etc. Especialmente las de origen Hídrico al haber mejor

Calidad de Agua Superficial		+	Descarga del efluente, aguas residuales domésticas, concentración de sólidos, pH, DBO, DQO, Compuestos orgánicos, Sedimentación, Erosión, Degradación de los cuerpos receptores.	disposición de las aguas residuales domésticas. Materia Orgánica, DBO, DQO, pH, Contaminación Microbiológica. (Descarga de Aguas Residuales, Limpieza de Alcantarillado Sanitario.)
Drenaje	-	-	Compactación, Impermeabilización de la superficie, estructuras Nuevas.	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO VI - EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

TABLA 39 - IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS Y ACCIÓN CAUSANTE

Factor Ambiental	Fases del Proyecto		Acciones Impactantes	Observaciones
	C	O		
4. Biota				
4.1 Flora				
Cantidad de vegetación afectada	-		Desbroce, eliminación de capa superficial.	Se estima que el impacto por desbroce y eliminación de capa vegetal sea mínimo y sin repercusiones mayores al medio. En las áreas verdes planificadas para implementarse el sistema de tratamiento se piensa introducir también diferentes especies ornamentales, y de otras especies por lo que este factor será positivamente afectado.
Reforestación		+	Introducción de especies nativas de la zona Creación de áreas verdes, Jardinería.	
4.2 Fauna				
Migración de especies	-	+	Creación de áreas verdes	La fauna existente en el lugar es buena, se espera que la modificación en este ámbito, más bien sea positivo con la creación de las áreas verdes, lo cual puede llamar la atención a la nidación de diferentes especies de aves. O por otro lado con los árboles se contribuye a la alimentación de las especies de la zona.
Perturbaciones	-	+	Infraestructura, Creación de áreas verdes, Emisiones de gases, olores, ruidos.	
Afectaciones de la cadena alimenticia	-	+	Vertidos de las aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales	
5. Medio perceptual				
Visibilidad	-	+	Infraestructura, Áreas Verdes	La maquinaria pesada utilizada en la fase de construcción, genera gases como CO2, CO, los cuales

Estética	-	+	Infraestructura, Sistemas de Tratamientos, Creación de Áreas Verdes	contribuyen a los procesos de contaminación del aire, agregado a esto están los plaguicidas que son utilizados para controlar vectores y microorganismos que pueden ser trasladados por el aire. El olor producido por la descomposición de la materia orgánica es otro contaminante del aire y se origina del sistema de alcantarillado sanitario y principalmente del sistema de tratamiento, produciendo un aspecto desagradable en la estética de la ciudad.
----------	---	---	---	--

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO VI - EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

TABLA 39 - IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS Y ACCIÓN CAUSANTE

Factor Ambiental	Fases del Proyecto		Acciones Impactantes	Observaciones
	C	O		
6. Medio socioeconómico				
6.1 Usos a territorio				
Uso de Suelo	-		Construcción de Plantel, disposición de tierra excavada.	En la fase de construcción se harán planteles y la disposición de la tierra excavada para estas construcciones será llevada a otros bancos de tierra fuera de la ciudad. La construcción de un sistema para el desarrollo urbano es altamente favorable, ya que mejorara la calidad de vida de los involucrados y por tanto de sus actividades diarias lo que producirá cambios satisfactorios en la economía de la ciudad.
Desarrollo Urbano	-	+	Construcción de sistema de Alcantarillado Sanitario.	
6.2 Infraestructura				
Tránsito Vehicular	-	+	Infraestructura, Transporte de materiales, Zanjeo, Colocación de Tuberías, Construcción.	Durante esta etapa en la fase de construcción para el transporte de los materiales de construcción para la planta de tratamiento y la construcción de esta, se generaran ciertos cambios en las vías de acceso para desviar a la población de la zona de construcción, lo que provocara molestias e inconvenientes en el tránsito vehicular de la ciudad.
Vías de Acceso	-	+	Construcción de infraestructura, transporte de materiales de construcción maquinaria pesada, servicios públicos en general, zanjeo, colocación de tubos.	
Red de saneamiento.	-	+	Redes de alcantarillado sanitario, Sistemas de tratamiento.	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO VI - EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

TABLA 39 - IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS Y ACCIÓN CAUSANTE

Factor Ambiental	Fases del Proyecto		Acciones Impactantes	Observaciones
	C	O		
6.3 Aspectos Humanos				
Calidad de Vida	-	+	Urbanización, Saneamiento del área, Programas de salud, Sistema de Alcantarillado Sanitario.	En la fase de construcción del Sistema de Alcantarillado sanitario y del Sistema de Tratamiento de las aguas residuales se producen o generan una gran cantidad de partículas sólidas de polvo que flotan en el aire o en dependencia de su masa son conducidas hacia otros puntos del área del proyecto, las cuales generan problemas en las vías respiratorias de la población del área de influencia y también afectar las salud de los operadores. El funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario y el tratamiento debido de las aguas residuales se garantizará más salud para la población, lo cual repercute en la calidad de vida de la población de la ciudad.
Nivel Cultural	+	+	Desarrollo Urbano, nueva infraestructura, oportunidad de empleo	
Molestias por tránsito vehicular y Emanaciones (de combustión y partículas)	-	-	Perturbación a la tranquilidad de la población, sistema de alcantarillado sanitario, sistema de tratamiento.	
Afectación a la Salud de Operadores y Población del Área de Influencia.	-	+	Movimientos de Tierra, Cementaciones, Ruidos de maquinaria.	
Seguridad y Riesgo Laboral	-	+	Uso de maquinaria pesada, generación de ruidos, tratamiento de aguas residuales, limpieza de sistema de alcantarillado sanitario, excavaciones, traslado de materiales.	
6.4 Economía y Población				
Densidad Poblacional del Área		+	Crecimiento urbano y poblacional, sistema de alcantarillado sanitario, sistema de tratamiento de aguas residuales, planificación de crecimiento urbano.	Aunque los inconvenientes producidos por la etapa de construcción del sistema de alcantarillado sanitario y el sistema de tratamiento de aguas residuales son notorios al inicio, estos al final se compensan ya que les dan a la población una mejor calidad de vida. Con la puesta en funcionamiento del sistema de alcantarillado

Empleos Fijos y Temporales	+	+	Mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de aguas residuales.	sanitario y el tratamiento debido de las aguas residuales se garantizará más salud para la población, los que de forma indirecta se reflejará en un mejor rendimiento y desenvolvimiento de sus actividades laborales, ayudando de esta manera al levantamiento del sector productivo y mejoramiento de la economía del país.
Plusvalía de la Tierra	+	+	Valor de la tierra, compra y venta de terrenos.	
Servicios	+	+	Construcción del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales.	
Consumo de Agua	-	-	Construcción del sistema de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento, urbanización.	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO VI - EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

TABLA 40 - MATRIZ DE IMPORTANCIA

FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO	Etapa de Construcción						Etapa de Operación					
	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Importancia
1. Aire												
Contaminación de aire por SOx, NOx, CO	-2	-2	-4	-2	-5	-21						0
Contaminación Microbiológica						0	8	8	1	8	5	54
Ruido	-2	-1	-2	-2	-8	-20						0
Contaminación por Partículas	-4	-2	-4	-2	-8	-30						0
Contaminación por Olores (CH4, H2S)						0	-2	-4	-2	-4	-5	-25
2. Suelo												
Erosión	-2	-2	-2	-2	-8	-22						0
Pérdida de Suelo Fértil	-2	-1	-2	-4	-5	-19						0
Contaminación de Suelo y Subsuelo por Derrames de Combustibles	-1	-1	-2	-2	-5	-14						0
Cambio en la topografía y en el drenaje natural-superficial	-4	-4	-1	-8	-8	-37						0
3. Agua												
Calidad de Agua Subterránea						0	4	4	1	4	5	30
Calidad de Agua Superficial						0	4	4	1	4	5	30
Drenaje	-2	-2	-4	-2	-5	-21	-4	-2	-1	-8	-8	-33
4. Biota												
Cantidad Vegetación Afectada	-4	-2	-4	-2	-5	-27	1	2	2	8	8	25
Reforestación	-1	-2	-2	-2	-5	-16	1	2	2	2	5	16
Migración de Especies	-2	-2	-4	-2	-5	-21	2	2	2	8	5	25
Perturbaciones	-4	-2	-4	-2	-5	-27	1	2	4	4	8	23
Afectaciones de la cadena alimenticia	-2	-2	-4	-2	-5	-21	-2	-2	-4	-2	-8	-24
5. Medio Perceptual												
Visibilidad	-2	-2	-4	-2	-5	-21						0
Estética	-4	-2	-4	-2	-5	-27	4	2	4	8	8	36
6. Medio Socioeconómico												
Uso de Suelo	-8	-2	-4	-2	-5	-39						0

Desarrollo Urbano						0	4	4	4	8	8	40
Tránsito Vehicular	-4	-2	-2	-2	-5	-25						0
Vías de Acceso	-2	-2	-2	-2	-5	-19						0
Red de saneamiento.						0	4	4	4	8	8	40
Calidad de Vida						0	4	8	4	8	8	48
Nivel Cultural	-2	-2	-2	-2	-5	-19	4	2	4	8	8	36
Molestias por tránsito vehicular y Emanaciones (de combustión y partículas)	-4	-2	-4	-2	-5	-27	-1	-1	-2	-8	-5	-20
Afectación a la Salud de Operadores y Población del Área de Influencia	-2	-2	-4	-2	-5	-21						0
Seguridad y Riesgo Laboral	-1	-2	-2	-2	-5	-16	2	2	4	2	5	21
Densidad Poblacional del Área						0	4	4	2	8	8	38
Empleos Fijos y Temporales	4	2	4	2	8	30	4	2	4	2	8	30
Plusvalía de la Tierra						0	4	4	2	2	8	32
Servicios						0	4	2	4	8	8	36
Consumo de Agua	-4	-2	-4	-2	-5	-27	-2	-2	-2	-8	-8	-28
IMPORTANCIA = $\pm(3I+2E+M+P+R)$												

Fuente: Elaboración propia.

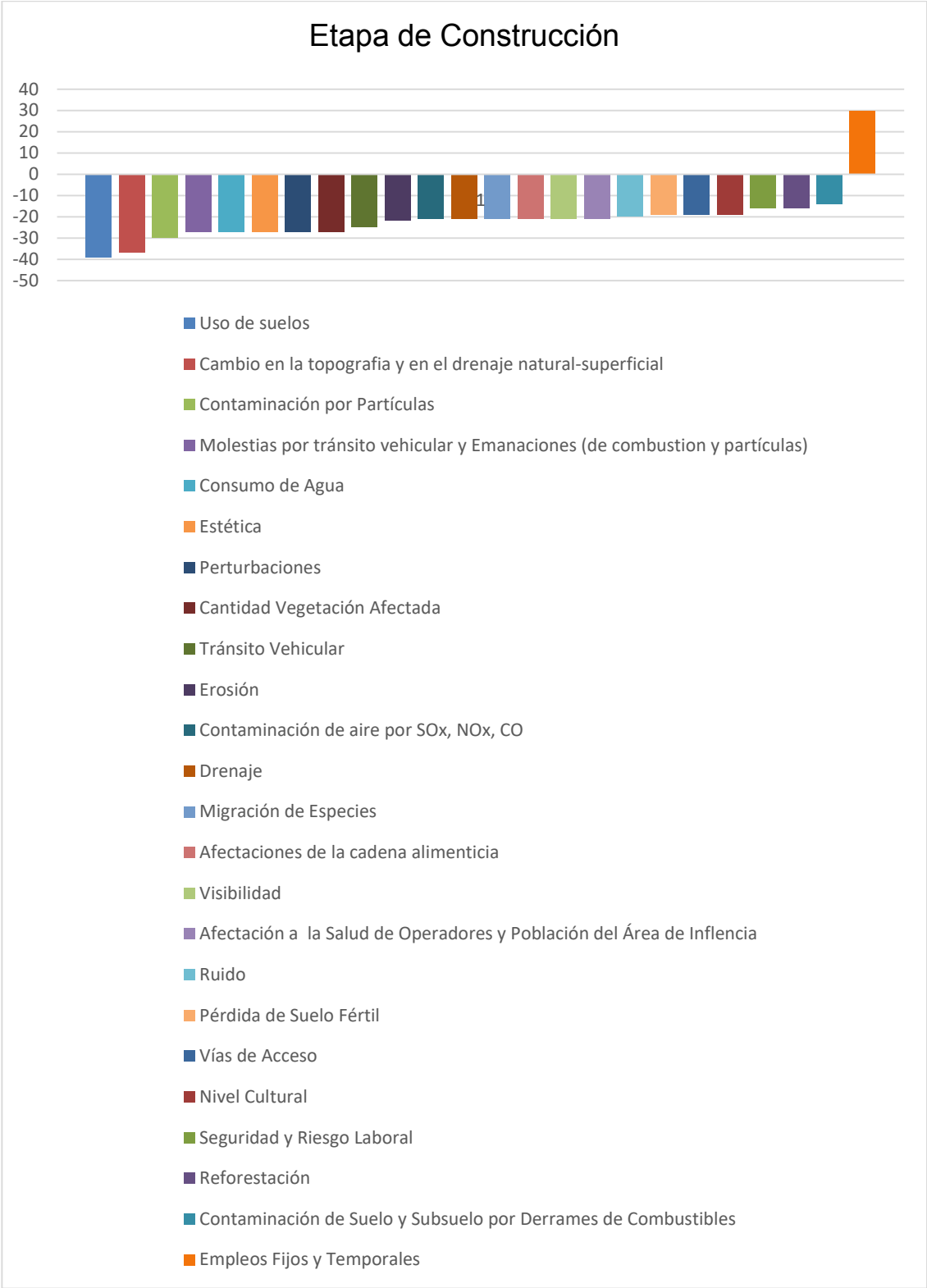
ANEXO VI - EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

TABLA 41 - ORDEN DE LOS IMPACTOS EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Orden de Impactos	Nombre del factor de impacto	Valoración de Importancia
1	Uso de suelos	-39
2	Cambio en la topografía y en el drenaje natural-superficial	-37
3	Contaminación por Partículas	-30
4	Molestias por tránsito vehicular y Emanaciones (de combustión y partículas)	-27
5	Consumo de Agua	-27
6	Estética	-27
7	Perturbaciones	-27
8	Cantidad Vegetación Afectada	-27
9	Tránsito Vehicular	-25
10	Erosión	-22
11	Contaminación de aire por SOx, NOx, CO	-21
12	Drenaje	-21
13	Migración de Especies	-21
14	Afectaciones de la cadena alimenticia	-21
15	Visibilidad	-21
16	Afectación a la Salud de Operadores y Población del Área de Influencia	-21
17	Ruido	-20
18	Pérdida de Suelo Fértil	-19
19	Vías de Acceso	-19
20	Nivel Cultural	-19
21	Seguridad y Riesgo Laboral	-16
22	Reforestación	-16
23	Contaminación de Suelo y Subsuelo por Derrames de Combustibles	-14
24	Empleos Fijos y Temporales	30
25	Contaminación micro biótica	0
26	Contaminación por Olores (CH4, H2S)	0
27	Calidad de Agua Subterránea	0
28	Calidad de Agua Superficial	0
29	Desarrollo Urbano	0
30	Red de saneamiento.	0
31	Calidad de Vida	0
32	Densidad Poblacional del Área	0
33	Plusvalía de la Tierra	0
34	Servicios	0

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO VI EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. Gráfico.15 Comparación de los impactos positivos y negativos generados por el proyecto en la etapa de construcción.



Fuente: Elaboración propia.

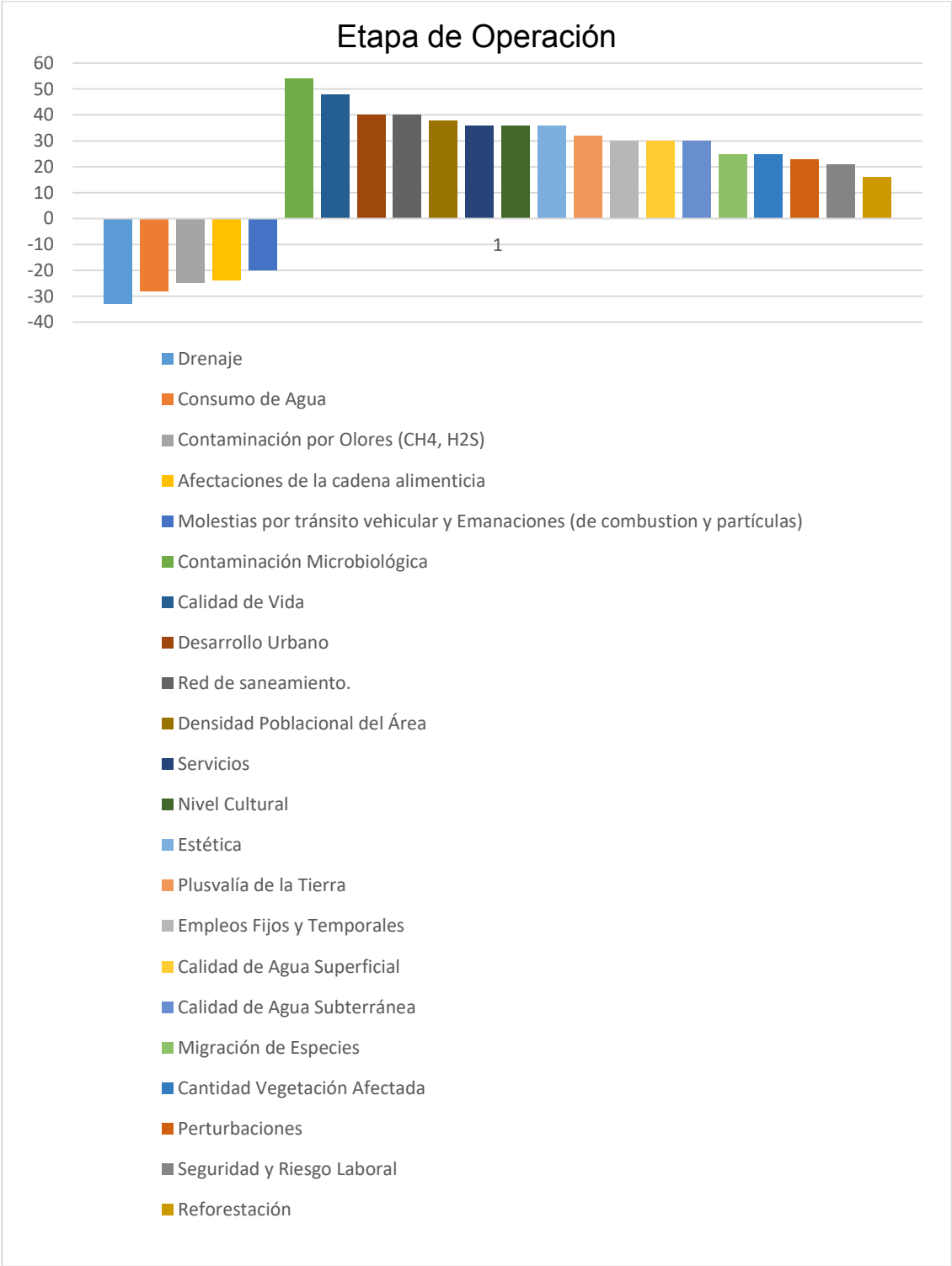
ANEXO VI - EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

TABLA 42 - ORDEN DE LOS IMPACTOS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN

Orden de Impactos	Nombre del factor de impacto	Valoración de Importancia
1	Drenaje	-33
2	Consumo de Agua	-28
3	Contaminación por Olores (CH ₄ , H ₂ S)	-25
4	Afectaciones de la cadena alimenticia	-24
5	Molestias por tránsito vehicular y Emanaciones (de combustión y partículas)	-20
6	Contaminación Microbiológica	54
7	Calidad de Vida	48
8	Desarrollo Urbano	40
9	Red de saneamiento.	40
10	Densidad Poblacional del Área	38
11	Servicios	36
12	Nivel Cultural	36
13	Estética	36
14	Plusvalía de la Tierra	32
15	Empleos Fijos y Temporales	30
16	Calidad de Agua Superficial	30
17	Calidad de Agua Subterránea	30
18	Migración de Especies	25
19	Cantidad Vegetación Afectada	25
20	Perturbaciones	23
21	Seguridad y Riesgo Laboral	21
22	Reforestación	16
23	Contaminación de aire por SO _x , NO _x , CO	0
24	Ruido	0
25	Contaminación por Partículas	0
26	Erosión	0
27	Pérdida de Suelo Fértil	0
28	Contaminación de Suelo y Subsuelo por Derrames de Combustibles	0
29	Cambio en la topografía y en el drenaje natural-superficial	0
30	Visibilidad	0
31	Uso de Suelo	0
32	Tránsito Vehicular	0
33	Vías de Acceso	0
34	Afectación a la Salud de Operadores y Población del Área de Influencia	0

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO VI - EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. Gráfico.16 Comparación de los impactos positivos y negativos generados por el proyecto en la etapa de operación.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO VI - EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

TABLA 43 - MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Acciones	Descripción	Etapas de Construcción	Etapas de Operación y Mantenimiento
Destrucción del medio biológico	Capacitar al equipo de trabajo y dotar a este mismo de las herramientas necesarias para provocar el más mínimo impacto ambiental posible en la ejecución del proyecto, es decir trabajar en armonía con la naturaleza.	X	
Afectación de la salud y la seguridad de la población	Dotar a las cuadrillas de trabajo con los medios de higiene necesarios como son letrinas portátiles si en algún dado caso son necesarias, en cada zona de trabajo hacer un área perimetral para evitar accidentes a público en general, y para evitar que dichas personas ingresen al área de trabajo sin las medidas de protección.	X	
Gestión de residuos y control de contaminación	Monitorear a los trabajadores para que no boten basura después de cada comida, y facilitar a ellos botes para depósitos de desechos Ya sean orgánicos e inorgánicos.	X	
Señalización vial	Con el objetivo de evitar el estancamiento del tráfico vehicular, se deberán ubicar señales de tránsito, que orienten con suficiente anticipación los obstáculos en la vía y las vías alternas a seguir.	X	
Seguridad peatonal y vehículos	Para evitar accidentes peatonales y vehiculares, se deberán ubicar señales de prevención de zanjeo, hombres trabajando, restricción de paso, etc. durante trabajos nocturnos se deberán garantizar señales reflectivas, así como guías en la vía.	X	
Utilizar camiones cisternas para reducir la producción de polvo	Para evitar las tolvaneras, producto de la acción del viento en la tierra suelta proveniente de las excavaciones, se deberá disponer de cisternas para humedecer con agua la tierra removida.	X	
Dar buen mantenimiento a los equipos y vehículos a fin de reducir los niveles de ruido y vibraciones	Se deberá garantizar un buen mantenimiento de equipos y vehículos utilizados en la construcción de las obras dl proyecto, a fin de evitar accidentes y reducir los niveles de ruido y vibraciones, de manera que la población del barrio sea lo menos afectada posible.	X	
Reparación correcta de las superficies dañadas en la excavación de zanjas	Todas las superficies removidas a causa del zanjeo deberán quedar bien conformadas a fin de evitar la erosión.	X	
Tomar las medidas de seguridad necesarias para evitar derrumbes, y así minimizar los	Se deberán tomar las medidas de prevención en cuanto a derrumbes en zanjas, inundaciones, etc. Se deberá dotar de agua potable y servicios sanitarios al personal que labore en las obras.	X	

riesgos de los trabajadores.			
Disposición de Desechos Sólidos	Los residuos, material de desechos, basuras y escombros de construcción generados por el proyecto, deberán ser removidos y dispuestos en el basurero previamente definido por la alcaldía.	X	
Mantenimiento de las redes de alcantarilla	Una vez que el sistema de alcantarillado inicie operación, requerirá de mantenimiento debido a obstrucciones.		X
Mantenimiento al Sistema de Tratamiento	El mantenimiento del sistema de tratamiento se debe apegar a lo indicado en el manual que acompañe al diseño definitivo siendo de vital importancia que el efluente cumpla con los parámetros de vertidos recomendados por MARENA.		X

Fuente: Elaboración propia.

Glosario

EDAs	Enfermedades Diarreicas Agudas
IRAs	Infecciones Respiratorias Agudas
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
CO₂	Dióxido de Carbono
CO	Monóxido de Carbono
pH	Coeficiente que Indica el Grado de Acidez o Basicidad de Una Solución Acuosa.
Basicidad	Propiedad de Una Sustancia de Actuar Como Base
Sox	Óxidos de Azufre
Nox	Óxidos de Nitrógeno
CH₄	Metano
H₂S	Sulfuro de Hidrógeno

ANEXO VII - CANTIDADES DE OBRA, COSTO Y PRESUPUESTO

TABLA 44 RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PUEBLO NUEVO

ETAPA	SUB - ETAPA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (C\$)	
					UNITARIO	TOTAL
1		PRELIMINARES	Global			160,382.13
	1.1	Limpieza inicial	m ²	100.00	12.08	1,208.00
	1.2	Champa	m ²	60.00	1,214.98	72,898.69
	1.3	Trazo y nivelación	m	6,711.99	12.85	86,275.44
2		SISTEMA DE COLECTORAS	Global			3040,206.94
	2.1	TUBERIA DE 6"				2987,184.90
	2.1.1	Excavación, Relleno y Compactación	m³	7,345.59		973,386.12
	2.1.1.1	Profundidad de 0.00 a 1.70 m	m ³	4,918.73	124.404	611,909.63
	2.1.1.2	Profundidad de 1.70 a 2.00 m	m ³	668.59	124.404	83,175.26
	2.1.1.3	Profundidad de 2.00 a 2.50 m	m ³	620.26	124.404	77,162.66
	2.1.1.4	Profundidad de 2.50 a 3.00 m	m ³	463.71	207.340	96,145.44
	2.1.1.5	Profundidad de 3.00 a 3.70 m	m ³	506.38	207.340	104,993.13
	2.1.1.6	Profundidad de 3.50 a 4.00 m	m ³	167.92	207.340	34,815.97
	2.1.2	Suministro e instalación (PVC)	ml	6,614.18	290.45	1921,089.24
	2.1.3	Prueba de tubería	ml	6,622.11	14.00	92,709.54
	2.2	TUBERIA DE 8"				53,022.04
	2.2.1	Excavación, Relleno y Compactación	m³			16,171.21
	2.2.1.1	Profundidad de 0.00 a 2.50 m	m ³	129.99	124.404	16,171.21
	2.2.2	Suministro e instalación	ml	97.81	362.76	35,481.49
	2.2.3	Prueba de tubería	ml	97.81	14.00	1,369.34
3		OBRAS PARA REGISTROS	Global			823,232.80
	3.1	POZOS DE VISITA SANITARIO		66.00		823,232.80
	3.1.1	Profundidad de 0.00 a 1.65 m	c/u	0.00	10,242.12	0.00
	3.1.2	Profundidad de 1.65 a 2.00 m	c/u	54.00	11,485.27	620,204.45
	3.1.3	Profundidad de 2.00 a 2.50 m	c/u	1.00	12,232.86	12,232.86
	3.1.4	Profundidad de 2.50 a 3.00 m	c/u	5.00	14,298.24	71,491.19
	3.1.5	Profundidad de 3.00 a 3.70 m	c/u	2.00	14,800.68	29,601.37
	3.1.6	Profundidad de 3.70 a 4.00 m	c/u	1.00	16,200.84	16,200.84
	3.1.7	Profundidad de 4.00 a 4.50 m	c/u	2.00	17,400.97	34,801.94
	3.1.8	Profundidad de 4.50 a 5.00 m	c/u	1.00	18,900.17	18,900.17
	3.2	CAIDAS DE POZOS DE VISITAS				19,800.00
	3.2.1	Caidas	ml	12.00	1,650.00	19,800.00
4		CONEXIONES DOMICILIARES	c/u	693		4461,762.57
	4.1	A Colectores de 6"	c/u	693		2126,198.02
	4.1.1	Conexión cortas (0.00 - 3.50 m)	c/u	691	3,065.23	2118,076.41
	4.1.2	Conexión larga (3.50 - 7.50 m)	c/u	2	4,060.80	8,121.61
	4.2	CAJAS DE REGISTRO				2335,564.56
	4.2.1	Cajas de Concreto	c/u	693	3,370.22	2335,564.56
5		ROTURA Y REPOSICIÓN DE CARPETA	m²	7,390.37		4031,034.28
	5.1	Adoquín	m ²	7,390.37	545.44	4031,034.28
6		MITIGACIÓN DE IMPACTOS	Global			38,650.75
	6.1	Medidas de Mitigación y Prevención de Accidentes	Global	1.00	38,650.75	38,650.75
7		LIMPIEZA FINAL	m2	13,523.98	12.08	163,369.68
d) TOTAL						12718,639.16
f) Costo Unitario Directo				15% de d		1907,795.87
g) Costo Unitario de Administración y Utilidad				15% de d		1907,795.87
h) Precio de Venta sin Impuesto				d + f + g		16534,230.91
i) Impuesto de Alcaldía				1% de h		165,342.31
j) Impuesto General de Venta				15% de h		2480,134.64
k) Precio de Venta con Impuesto				h+i+j		C\$ 19179,707.85

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO VII - COSTO Y PRESUPUESTO

TABLA 45 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE RED DE ALCANTARILLADO

CONCEPTOS	FRECUENCIA	CANTIDAD DE ACTIVIDADES	UNIDAD	COSTO (C\$)		
				UNITARIO	TOTAL	ANUAL
Limpieza General.*	Dos veces por Año.	40	C\$/Cantidad	748.39	29,935.55	1,496.78
Limpieza de Obstrucciones.*	6 Obst/Año/Km Tub	805	C\$/Cantidad	748.39	602,781.42	30,139.07
Reparación de PVS.*	2 Unid/Año/Km Tub	268	C\$/Cantidad	1,086.59	291,726.43	14,586.32
TOTAL					C\$ 924,443.41	C\$ 46,222.17
					\$ 31,899.36	\$ 1,594.97

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO VII - COSTO Y PRESUPUESTO

TABLA 46 COSTO TOTAL DE LA OBRA

Sistema Seleccionado	Costo	
	Total	Percápita
Red	C\$ 19179,707.85	C\$ 3,456.43
Operación y Mantenimiento de la Red	C\$ 924,443.41	C\$ 166.60
Planta de Tratamiento	C\$ 11466,794.21	C\$ 2,066.46
Operación y Mantenimiento de planta de Tratamiento	C\$ 362,303.61	C\$ 65.29
Costo del terreno para planta de Tratamiento	C\$ 1146,000.00	C\$ 206.52
TOTAL	C\$ 33079,249.08	C\$ 5,961.30
	\$1141,450.97	\$205.70

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO VII - COSTO Y PRESUPUESTO PLANTA DE TRATAMIENTO PUEBLO NUEVO

TABLA 47 OBRAS PRELIMINARES Y GENERALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO: CANAL, REJA, DESARENADOR, MEDIDOR PARSHALL, CAJAS DE RECOLECCIÓN, ACCESORIOS DE DISTRIBUCIÓN

OBRA/MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	
			UNITARIO	TOTAL
Limpieza General de Área de Construcción	21168.00	m ²	0.30	6,350.40
Trazado y Nivelación de Obras Preliminares	20.00	m	20.00	400.00
Excavación, Relleno y Compactación	3.20	m ³	120.00	384.00
CANAL				16,538.00
Cemento	15	Bolsas	279.00	4,185.00
Arena	1.0	m ³	380.00	380.00
Grava	1.0	m ³	650.00	650.00
Varilla Acero No 3	60	lb	14.00	840.00
Varilla Acero No 4	338	lb	14.00	4,725.00
Alambre Acero No 18	5	lb	22.00	110.00
Formaleta	16.0	m ²	203.00	3,248.00
Mano de Obra	8.0	m ²	300.00	2,400.00
REJAS				873.28
Varillas de Acero No 4	18	lb	14.00	245.28
Pernos 1/2"	4	und	12.00	48.00
Plataforma de Acero Perforada	1	und	200.00	200.00
Electrodos Soldadores	1	cajas	80.00	80.00
Mano de Obra	1	und	300.00	300.00
DESARENADOR				27,652.00
Cemento	18	Bolsas	279.00	5,022.00
Arena	1.1	m ³	380.00	418.00
Grava	1.1	m ³	650.00	715.00
Varilla Acero No 3	100	lb	14.00	1,400.00
Varilla Acero No 4	400	lb	14.00	5,600.00
Alambre Acero No 18	26	lb	22.00	572.00
Tubo PVC SDR-41 6"	1	und	850.00	850.00
Formaleta	25.00	m ²	203.00	5,075.00
Mano de Obra	25.00	m ²	320.00	8,000.00
MEDIDOR PARSHALL				7,530.00
Prefabricado W = 3"	1	und	7,530.00	7,530.00
CAJAS DE RECOLECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN				17,293.13
Cajas de 1.00 x 1.00 m	4.41	m	1,662.76	7,332.77
Bloque (6" x 8" x 16")	45	und/m	16.50	742.50
Cemento	0.7	Bolsas/m	279.00	197.74
Arena	0.1	m3/m	380.00	23.09
Tapa	4	und	275.00	1,100.00
Mano de Obra	4.41	m	450.00	1,984.50
Cajas de 0.80 x 0.80 m	5.88	m	1,693.94	9,960.36
Bloque (6" x 8" x 16")	45	und/m	16.50	742.50
Cemento	0.7	Bolsas/m	279.00	197.74
Arena	0.1	m3/m	380.00	23.09
Tapa	6	und	275.00	1,650.00
Mano de Obra	5.88	m	450.00	2,646.00
Manguera Flexible (6")	200	m	66.76	13,352.00
Manguera Flexible (8")	150	m	112.62	16,893.00
Cerco de Malla Ciclón (Sistema Completo).	607	m	547.00	332,029.00
Construcción de Portón Doble Hoja.	1	und	7,606.85	7,606.85
Instalaciones Electricas	1	Global	189,700.00	189,700.00
Caseta de Operación.	30	m ²	5,793.14	173,794.20
Limpieza Final (y Botado de Tierra Excedente)	21,168.00	m ²	1.00	21,168.00
d) TOTAL				831,563.86
e) Costo Unitario Directo				
f) Costo unitario directo (15% de "d")				124,734.58
g) Costo unitario de administración y utilidad (15% de "d")				124,734.58
h) Precio de venta sin impuesto (d+f+g)				1081,033.01
i) Impuesto de alcaldía (1% de "h")				10,810.33
j) Impuesto general de venta (15% de "h+i")				163,776.50
k) Precio de venta con impuesto (h+i+j)				C\$ 1255,619.846
				\$ 43,327.12

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO VII - COSTO Y PRESUPUESTO PLANTA DE TRATAMIENTO PUEBLO NUEVO

TABLA 48 ALTERNATIVA I : TANQUE IMHOFF

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	
			UNITARIO	TOTAL
1 unidad				
MANO DE OBRA				
Trazado y Nivelación	26.10	m	20.00	522.00
Operador Retroexcavadora	10.00	hrs	33.00	330.00
Operador Vibrocompactadora	8.00	hrs	33.00	264.00
Operador Mezcladora	20.00	hrs	33.00	660.00
Operador Compactadora Manual	55.78	hrs	25.00	1394.38
Oficial Carpintero	360.00	hrs	38.00	13680.00
Ayudante Carpintero	360.00	hrs	25.00	9000.00
Ayudante Armador	120.00	hrs	25.00	3000.00
Oficial Fontanero	8.00	hrs	38.00	304.00
Oficial Albañil	360.00	hrs	38.00	13680.00
Ayudante Albañil	360.00	hrs	25.00	9000.00
a) SUBTOTAL				51834.38

MATERIALES				
Formaleta 1"x 12"x 5 vrs	283.00	und	250.00	70750.00
Cemento	823	Bolsas	279.00	229617.00
Arena	32	m ³	380.00	12160.00
Grava	60	m ³	650.00	39000.00
Varilla Acero No 3	3154.00	lb	14.00	44156.00
Varilla Acero No 4	5993.00	lb	14.00	83902.00
Varilla Acero No 5	300.00	lb	14.00	4200.00
Varilla Acero No 8	681.00	lb	14.00	9534.00
Alambre Acero No 18	800.00	lb	22.00	17600.00
Motobomba	1.00	und	60000.00	60000.00
Tubo PVC SDR 41 de 6"	1.00	und	850.00	850.00
Tapón Hembra de 6"	1.00	und	150.00	150.00
Válvula de Pase de 6"	1.00	und	8213.90	8213.90
b) SUBTOTAL				580132.90

EQUIPO				
Vibrocompactadora	8.00	hrs	780.00	6240.00
Mezcladora Estacionaria	20.00	hrs	400.00	8000.00
Compactadora Manual	55.78	hrs	26.86	1498.12
Retroexcavadora	10.00	hrs	2005.50	20055.00
c) SUBTOTAL				35793.12

d) TOTAL		667760.39
e) Costo Unitario Directo		
f) Costo unitario directo (15% de "d")		100164.06
g) Costo unitario de administración y utilidad (15% de "d")		100164.06
h) Precio de venta sin impuesto (d+f+g)		868088.51
i) Impuesto de alcaldia (1% de "h")		8680.89
j) Impuesto general de venta (15% de "h+i")		131515.41
k) Precio de venta con impuesto (h+i+j)		C\$ 1008,284.80
		\$ 34,792.44

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO VII - COSTO Y PRESUPUESTO PLANTA DE TRATAMIENTO PUEBLO NUEVO

TABLA 49 ALTERNATIVA I : LECHO DE SECADO DE LODOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	
			UNITARIO	TOTAL
1 unidad				
MANO DE OBRA				
Trazado y Nivelación	30.00	m	20.00	600.00
Operador Tractor	10.00	hrs	33.00	330.00
Auxiliar de Operador Tractor	10.00	hrs	25.00	250.00
Operador Cargador Frontal	10.00	hrs	33.00	330.00
Operador Camión Volquete	10.00	hrs	33.00	330.00
Operador Mezcladora	9.49	hrs	33.00	313.16
Ayudante de Excavación	10.00	hrs	25.00	250.00
Oficial Albañil	240.00	hrs	38.00	9120.00
Ayudante Albañil	240.00	hrs	25.00	6000.00
Oficial Fontanero	8.00	hrs	38.00	304.00
Ayudante Fontanero	8.00	hrs	25.00	200.00
a) SUBTOTAL			C\$	18,027.16

MATERIALES				
Cemento	118	Bolsas	279.00	32922.00
Arena	6.8	m ³	380.00	2584.00
Grava	10.3	m ³	650.00	6695.00
Arena Gruesa	20.0	m ³	700.00	14000.00
Grava Media	5.0	m ³	800.00	4000.00
Hormigón Pobre	6.5	m ³	1100.00	7095.00
Ladrillo Rojo Cuarterón (5cm x 10m x 20cm)	2360.00	und	2.50	5900.00
Varilla de Acero No 3	50.00	lb	14.00	700.00
Alambre de Amarre No 18	2.00	lb	22.00	44.00
Tubo PVC SDR 41 de 6"	2.00	und	850.00	1700.00
Codo 90° PVC SDR-41 6"	2.00	und	300.00	600.00
Formaleta 1"x 10" x 6 vrs	6.60	und	160.00	1056.00
b) SUBTOTAL			C\$	77,296.00

EQUIPO				
Cargador Frontal	10.00	hrs	1300.00	13000.00
Camión Volquete	10.00	hrs	780.00	7800.00
Mezcladora	9.49	hrs	400.00	3795.85
c) SUBTOTAL			C\$	24,595.85

d) TOTAL		C\$	119,919.00
e) Costo Unitario Directo			
f) Costo unitario directo (15% de "d")			17987.85
g) Costo unitario de administración y utilidad (15% de "d")			17987.85
h) Precio de venta sin impuesto (d+f+g)		C\$	155,894.71
i) Impuesto de alcaldía (1% de "h")			1558.95
j)Impuesto general de venta (15% de "h+i")			23618.05
k) Precio de venta con impuesto (h+i+j)		C\$	181,071.70
		\$	6,248.16

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO VII - COSTO Y PRESUPUESTO PLANTA DE TRATAMIENTO PUEBLO NUEVO

TABLA 50 ALTERNATIVA I : BIOFILTRO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	
			UNITARIO	TOTAL
3 unidades				
MANO DE OBRA				
Trazado y Nivelación	534.00	m	20.00	10680.00
Operador Tractor	980.00	hrs	33.00	32340.00
Auxiliar de Operador Tractor	980.00	hrs	25.00	24500.00
Operador Cargador Frontal	980.00	hrs	33.00	32340.00
Operador Camión Volquete	980.00	hrs	33.00	32340.00
Operador Motoniveladora	294.00	hrs	33.00	9702.00
Auxiliar de Operador Motoniveladora	294.00	hrs	25.00	7350.00
Operador Compactadora	100.00	hrs	33.00	3300.00
Operador Cisterna	60.00	hrs	25.00	1500.00
Operador Motobomba	60.00	hrs	33.00	1980.00
Operador Mezcladora	15.00	hrs	33.00	495.00
Ayudante de Excavación	55.00	hrs	25.00	1375.00
Oficial Albañil	749	hrs	38.00	28450.16
Ayudante Albañil	747	hrs	25.00	18664.12
Oficial Fontanero	13	hrs	38.00	490.27
Ayudante Fontanero	13	hrs	25.00	322.54
a) SUBTOTAL			C\$	205,829.09

MATERIALES				
Piedra Volcánica	147.00	m³	412.00	60564.00
Hormigón Rojo Cribado	11.00	m³	500.00	5500.00
Hormigón Rojo sin Cribar	2646.00	m³	400.00	1058400.00
Geomembrana	6150.00	m²	90.30	555345.00
Tubo PVC SDR 41 de 6"	49.00	und	740.73	36295.77
Codo 90° PVC SDR-41 6"	4.00	und	25.00	100.00
Tee PVC SDR-41 6"	3.00	und	35.00	105.00
Codo 45° PVC SDR-41 6"	3.00	und	25.00	75.00
Planta de Carrizo	6762.00	und	0.90	6085.80
b) SUBTOTAL			C\$	1722,470.57

EQUIPO				
Tractor de Orugas	980.00	hrs	1700.00	1666000.00
Cargador Frontal	980.00	hrs	1300.00	1274000.00
Camión Volquete	980.00	hrs	780.00	764400.00
Motoniveladora	294.00	hrs	780.00	229320.00
Compactadora	100.00	hrs	468.00	46800.00
Camión Cisterna	60.00	hrs	1000.00	60000.00
Mezcladora	15.2	hrs	400.00	6092.00
c) SUBTOTAL			C\$	4046,612.00

d) TOTAL		C\$	5974,911.66
e) Costo Unitario Directo			
f) Costo unitario directo (15% de "d")			896236.75
g) Costo unitario de administración y utilidad (15% de "d")			896236.75
h) Precio de venta sin impuesto (d+f+g)		C\$	7767,385.15
i) Impuesto de alcaldía (1% de "h")			77673.85
j)Impuesto general de venta (15% de "h+i")			1176758.85
k) Precio de venta con impuesto (h+i+j)		C\$	9021,817.85
		\$	311,311.87

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO VII - COSTO Y PRESUPUESTO PLANTA DE TRATAMIENTO PUEBLO NUEVO

TABLA 51 ALTERNATIVA II : LAGUNA FACULTATIVA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	
			UNITARIO	TOTAL
2 unidades				
Excavación	18823.00	m ³	57.91	1090,071.93
Protección	3388.00	m ³	223.93	758,658.71
Botado de Tierra	16752.00	m ³	96.52	1616,894.66
Acabado	13176.00	m ²	2.32	30,521.78
Geomembrana	14681.00	m ²	99.33	1458,263.73
TOTAL			C\$ 9908,821.64	
			\$ 341,919.31	

Fuente: - Elaboración Propia.

ANEXO VII - COSTO Y PRESUPUESTO PLANTA DE TRATAMIENTO PUEBLO NUEVO

TABLA 52 ALTERNATIVA II : LAGUNA AERÓBIA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	
			UNITARIO	TOTAL
2 unidades				
Excavación	16156.68	m ³	57.91	935,660.81
Protección	2908.08	m ³	223.93	651,193.01
Botado de Tierra	14379.04	m ³	96.52	1387,857.92
Acabado	11309.59	m ²	2.32	26,198.30
Geomembrana	12601.40	m ²	99.33	1251,697.41
TOTAL				C\$ 4252,607.46
				\$ 146,742.84

Fuente: - Elaboración Propia.

ANEXO VII - COSTO Y PRESUPUESTO

TABLA 53 CUADRO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO

ALTERNATIVA No	DESCRIPCIÓN	COSTO C\$	
		PER CÁPITA	TOTAL
1	Preliminares	205.10	1255619.85
	Tanque Imhoff	164.70	1008284.80
	Lecho de Secado	29.58	181071.70
	Biofiltro	1473.67	9021817.85
	TOTAL	C\$ 1,873.05	C\$ 11466,794.21
		\$ 64.63	\$ 395,679.58

2	Preliminares	205.10	1255619.85
	Laguna Facultativa	1618.56	9908821.64
	Laguna Aerobia	694.64	4252607.46
	TOTAL	C\$ 2,518.30	C\$ 15417,048.94
		\$ 86.90	\$ 531,989.27

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO VII - COSTO Y PRESUPUESTO PLANTA DE TRATAMIENTO PUBLIO NUEVO

TABLA 54 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO SELECCIONADA (ALTERNATIVA I)

CONCEPTOS	FRECUENCIA	CANTIDAD DE ACTIVIDADES	UNIDAD	COSTO (C\$)		
				UNITARIO	TOTAL	ANUAL
Limpieza, Mantenimiento y Control de Operaciones de toda la Planta de Tratamiento**	Diario	240	C\$/Mensual	13,334.00	3200,160.00	160,008.00
Reparación de Instalaciones.*	Eventual	100	C\$/Reparación	2,500.00	250,000.00	12,500.00
Pruebas de Laboratorio.	Semanal	1043	C\$/Semana	2,750.00	2867,857.14	143,392.86
Cambio de lecho filtrante en el Biofiltro.***	Cada 6 años	3	C\$/Cambio	1343,847.20	4031,541.60	201,577.08
Cosecha de planta de Carrizo***	Cada 8 meses	30	C\$/Cosecha	5,000.00	150,000.00	7,500.00
TOTAL					C\$ 10499,558.74	C\$ 524,977.94
					\$ 362,303.61	\$ 18,115.18

Fuente: Elaboración Propia.

Nota:

* La cuadrilla consta de un capataz y tres operarios.

** Esta actividad es realizada por dos empleados permanente de la entidad operadora.

*** Actividad realizada por cinco 5 operarios.

ANEXO IX - Caracterización del agua residual

El agua residual doméstica se caracteriza por su alto contenido de materia orgánica biodegradable (DBO – DQO), que es todo aquel compuesto que tiene carbono en su estructura molecular. Y otros contaminantes de interés, tales como:

1. Sólidos en suspensión: arena.
2. Organismos patógenos: Estos organismos proliferan en las aguas residuales domésticas que contienen heces fecales, paracitos, bacterias e insectos.
3. Nutrientes: nitrógeno, fosforo y carbono.
4. Materia orgánica refractaria: detergentes, jabones, desinfectantes.
5. Sólidos inorgánicos disueltos: calcio, sodio y sulfatos.

La calidad del agua residual del área urbana se obtendrá de las pruebas de laboratorio realizadas por ENACAL en el año 1999, por gestión del alcalde que dirigía la comuna en ese año. Obteniendo los siguientes parámetros de contaminación:

Tabla 55 Calidad del agua residual del área urbana de Pueblo Nuevo - Estelí

Parámetros	Valor Limite (mg/l)
Sólidos	
Totales:	500.00
Volátiles Fijos	350.00
	150.00
Suspendido:	300.00
Volátiles Fijos	250.00
	50.00
Disueltos:	200.00
Volátiles Fijos	100.00
	100.00
Sedimentables:	
(mg/l)	8.00
DBO a 5 días y 20°C	200.00
Oxígeno consumido	75.00
Nitrógeno	50.00
Total	20.00
Orgánico	30.00
Amoniacal	0.05
Nitritos (NO ₂ -)	0.20
Nitratos (NO ₃ -)	100.00
Cloruros	100.00
Alcalinidad (como CaCO ₃)	20.00
Grasas	27 °C
Temperatura	6.5 – 7.5
PH (unidades)	

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por ENACAL